التقـــرير ITU-R F.2058

تقنيات التصميم المطبقة على أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت العريضة النطاق لنقل رزم بروتوكول الإنترنت أو خلايا أسلوب النقل غير المتزامن

(2006)

جـــدول المحتويـــات

الصفحة

1 المقدمة 2

2 أنواع أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابتة لنقل رزم بروتوكول الإنترنت (IP) أو خلايا (ATM) من أجل استخدام القنوات الراديوية 2

3 مجال التطبيق 3

4 المراجع 4

5 المختصرات 5

6 الخصائص التقنية التي يجري تناولها 9

1.6 طريقة التشكيل والنفاذ المتعدد 9

2.6 رتبة الخدمة ونوعية الخدمة 9

3.6 خصائص مهلة النقل 10

4.6 تقنية نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت 11

5.6 تقنية استخدام الطيف بكفاءة 11

6.6 تقنيات تصحيح الأخطاء في نظام FWA قائم على أسلوب النقل غير المتزامن 11

الملحق 1 – آلية لضمان نوعية الخدمة أو رتبة الخدمة في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت العريضة النطاق 12

الملحق 2 – أمثلة لحساب تأخر بروتوكول متوسط النفاذ وتغير تأخر النفاذ اللاسلكي الثابت القائم على النفاذ المتعدد لاستشعار الموجة الحاملة مع تجنب الاصطدام (CSMA/CA) 32

الملحق 3 – مثال لحسابات وقت الانتظار الإضافي في حالات متعددة لتدفق نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت من أجل النفاذ اللاسلكي الثابت القائم على نفاذ إرسال متعدد بتقسيم الزمن 37

الملحق 4 – مثال لحسابات تأخر شبكة من الرتبة 0 لنوعية الخدمة 43

الملحق 5 – الخصائص التقنية لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت عريضة النطاق لدعم تقنية نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت 48

الملحق 6 – تقنيات لتحسين كفاءة استخدام الطيف 55

الملحق 7 – تقنيات تصحيح الخطأ في نظام FWA قائم على أسلوب النقل غير المتزامن 58

1 المقدمة

ثمة حاجة ملحة إلى خدمات عريضة النطاق في سوق الاتصالات. واحتياجات المستعملين غير منتظمة وإنما هي متنوعة من حيث معدل البتات وجودة الخدمة. وقد أصبح بروتوكول الإنترنت (IP) وأسلوب النقل غير المتزامن (ATM) من الطرائق الأساسية لنقل الإشارات في الشبكات السلكية الحديثة من أجل مواكبة الطلبات على مثل هذه الخدمات المتعددة الوسائط. ويؤثر هذا الاتجاه أيضاً على الأنظمة اللاسلكية الثابتة المستعملة في شبكات النفاذ. ومن المفهوم عموماً أن أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت (FWA) المعتمدة على بروتوكول الإنترنت (IP) وعلى أسلوب النقل غير المتزامن (ATM) يفضل أن تكون مزودة بقدرة للتحكم في جودة الخدمة (QoS) أو رتبة الخدمة (CoS) لجعلها مماثلة لما هو موجود في الأنظمة السلكية.

وتعرف كل من جودة الخدمة ورتبة الخدمة بأنهما فئتان مصنفتان محددتان بمعلمات أداء للإرسال. وتستخدم جودة الخدمة لرتب أداء الإرسال التي تلبي طلبات المستعمل من حيث الجودة. ومن جهة أخرى، تستخدم رتبة الخدمة عموماً للرتب ذات الأداء المماثل التي يعرضها مديرو الشبكات على المستعملين للاسترشاد بها.

وعلاوة على ذلك، فإن أنظمة FWA مطلوبة لتحقيق أغراض معلمات أداء IP وATM في الشبكات السلكية المعتمدة في التوصيتين ITU-T I.356 وITU-T Y.1541. ولهذا الغرض فإن معلمات طبقة النفاذ العادية PHY لأنظمة FWA يجب أن تصمم بحيث تستوفي هذه الأغراض معلمات أداء IP أو ATM.

وتتضمن التوصيتان ITU-T Y.1540 وITU-T Y.1541 العلاقات بين معلمات طبقة النفاذ العادية (PHY) ومعلمات أداء طبقة IP مثل مهلة نقل رزم بروتوكول الإنترنت IPTD. وتتضمن التوصية ITU-T I.356 العلاقات بين معلمات طبقة النفاذ العادية (PHY) قبل معدل خسارة الخلايا (CLR) أو معدل خطأ الخلايا (CER). وينبغي أيضاً أن تكون أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت القائمة على أسلوب النقل غير المتزامن مستوفية لهدف نسبة الثواني شديدة الخطأ (SESR) المبين في التوصية ITU-R F.1668 (يرد في التوصية ITU-R F.1400 وصف لخصائص وأغراض الأداء والتيسر بشأن النفاذ اللاسلكي الثابت إلى الشبكة الهاتفية العمومية التبديلية (PSTN)).

وتمثل كل من IP وATM تقنيات قائمة على رزم أو خلايا تعمل عند تردد الساعة المرتفع حيث يمكن لخلايا إرسال رزم IP أو ATM أن تؤثر على تصميم النظام وكفاءة استخدام طيف التردد الراديوي. وسوف تؤدي هذه المتطلبات إلى نهج تصاميم تختلف عن النهج الحالية القائمة على الأنظمة الصوتية للنفاذ اللاسلكي FWA كما أن التقنيات اللازمة من أجل تطبيقات رزم IP أو خلايا ATM في تطبيقات FWA، مماثلة في جوانب كثيرة للتطبيقات المستخدمة في الشبكات المحلية الراديوية (RLANs).

والغرض من هذا التقرير هو توفير نماذج لتقنيات وطرائق التصميم تتناول مختلف جوانب أنظمة FWA الحاملة لبيانات IP وATM.

2 أنواع أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت لنقل رزم بروتوكول الإنترنت (IP) أو خلايا (ATM) من أجل استخدام القنوات الراديوية

يمكن تصنيف أنواع أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت لنقل رزم IP أو خلايا ATM من أجل استخدام القنوات الراديوية على النحو التالي.

النوع الأول هو توزيع قناة راديوية حصرياً لكل مشترك بصفة دائمة أو خلال فترات النداء. والأنظمة المعتادة هي أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت عريضة النطاق من نقطة إلى نقطة (P-P) أو من نقطة إلى عدة نقاط (P-MP) التي تستخدم بصفة عامة نطاقات تردد فوق 20 GHz. ويستخدم هذا النوع من الأنظمة عادة من أجل خدمات النفاذ للخطوط المؤجرة.

النوع الثاني هو توزيع مورد راديوي عند حدوث محاولة لإجراء نداء. والنظام المعتاد هو نظام FWA يوفر خدمات الشبكة العمومية الهاتفية التبديلية (PSTN) للمستعملين من عامة الجمهور. وتستخدم بعض الأنظمة تكنولوجيات أنظمة النفاذ اللاسلكي المتنقل للتقليل من تكلفة المعدات.

النوع الثالث هو توزيع قناة راديوية فقط عند وجود حركة مثل رزم IP أو خلايا ATM. ويحقق هذا النوع استخداماً أعلى كفاءة للترددات مقارنة بالنوع الأول وخاصة فيما يتعلق بالطوبولوجيا من نقطة إلى نقاط عديدة، شريطة ألا تكون البتات الرأسية ذات عدد كبير جداً. كما أن طوبولوجيا النفاذ من نقاط عديدة إلى نقاط عديدة مناسبة في هذا النوع من النفاذ اللاسلكي الثابت.

وتشمل الأنظمة النمطية للنوع الثاني الأنظمة القائمة على الشبكات المحلية الراديوية. وقد تتميز أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت القائمة على الشبكات المحلية الراديوية بانخفاض تكاليف معداتها. ويمكن توضيح إحدى سمات النوع الثالث على النحو المبين في أسلوب النقل غير المتزامن بالخلايا. وثمة حالتان لأنظمة الإرسال غير المتزامن للنقل بأسلوب النقل غير المتزامن بالخلايا.

أ) ينقل النفاذ اللاسلكي الثابت (FWA) خلايا الإرسال غير المتزامن بشفافية دون تحديد أي معلومات واردة في خلية؛

ب) يحدد النفاذ اللاسلكي الثابت المعلومات الواردة في جزء العنوان من خلية الإرسال غير المتزامن ومن ثم يتحكم في معالجة أي خلية داخل القطاع الراديوي.

في الحالة أ)، ينبغي أن تتطابق طريقة تصميم FWA أساساً مع طريقة تصميم الأنظمة المتوخى استخدامها لإرسال الإشارات بأسلوب التراتب الرقمي المتزامن (SDH). وهذا النوع يناظر النوع الأول من أنظمة FWA الموصوفة أعلاه.

ومن جانب آخر، ففي الحالة ب)، يمكن اتباع نهج مختلف لإرسال خلايا ATM على القطاع الراديوي من أجل استخدام طيف التردد الراديوي بكفاءة.

والعديد من الشبكات المحلية الراديوية (RLAN)، التي تستخدم أساساً في النفاذ اللاسلكي الجوال (NWA) أو الأنواع الأخرى من أنظمة النفاذ اللاسلكي التي تستخدم رزم بروتوكول الإنترنت أو خلية الإرسال غير المتزامن على اللاسلكي، أصبحت متاحة الآن كمنتجات تجارية أو يجري اختبارها في هيئات أو منتديات تقييس. وترد في التوصيتين ITU-R F.757 وITU-R M.1450 مواصفات أنظمة النفاذ اللاسلكي، الثابت والجوال، على السواء.

3 مجال التطبيق

يقدم هذا التقرير تقنيات تصميم مختلفة تطبق على أنظمة FWA القائمة على تكنولوجيات أنظمة الشبكات المحلية الراديوية (RLANs) أو النفاذ اللاسلكي الجوال (NWA)، التي تنقل رزم IP أو خلايا ATM بمعدل يزيد عن العديد من Mbit/s المستهدفة في الاختراق على نطاق واسع.

والحلول المتعلقة بالتصميم المقدمة في ملاحق هذا التقرير مقترحة كوسيلة لتلبية المعايير المعنية لطبقة MAC المبينة في توصيات ITU-T بشأن إرسال IP وATM. ويجدر الإشارة أيضاً إلى أن المادة المقدمة في الملحق 6 لا تطبق على حركة IP لأن فكرة الخلية الخاملة خاصة جداً بأسلوب ATM.

وأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابتة التي يتناولها هذا التقرير بالمناقشة، تركز على التطبيقات من نقطة إلى عدة نقاط التي يتم فيها تقاسم قدرة موجه راديوية حاملة واحدة توفرها المحطة الأساسية بين محطات عديدة أو بين عدد أكبر من المحطات الطرفية، وإن كانت بعض التقنيات الموصوفة في ملحقات هذا التقرير تنطبق أيضاً على التطبيقات من نقطة إلى نقطة ومن عدة نقاط إلى عدة نقاط.

4 المراجع

توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

التوصية ITU-R F.757 المتطلبات الأساسية للنظام وأهداف الأداء الخاصة بالنفاذ اللاسلكي الثابت باستعمال تكنولوجيات متنقلة توفر خدمة المهاتفة وتوصيل البيانات.

التوصية ITU-R M.1450 خصائص الشبكات المحلية الراديوية العريضة النطاق.

التوصية ITU-R F.1668 أهداف الأداء من حيث الأخطاء للوصلات اللاسلكية الرقمية الثابتة الحقيقية المستخدمة في مسيرات ووصلات مرجعية افتراضية بطول 500 27 km.

التوصية ITU-R F.1704 سمات الأنظمة اللاسلكية الثابتة من نقاط متعددة إلى نقاط متعددة مع طبولوجيا الشبكة المتشابكة العاملة في نطاقات التردد فوق حوالي 17 GHz، 2004.

التوصية ITU-R F.1763 معايير السطوح البينية الراديوية لأنظمة النفاذ اللاسلكي في الخدمة الثابتة العاملة تحت 66 GHz.

توصيات قطاع التقييس ITU-T

التوصية ITU-T Y.1540 خدمة اتصالات بروتوكول الإنترنت – نقل IP بالرزم وتيسر معلمات الأداء.

التوصية ITU-T Y.1541 أهداف أداء الشبكة للخدمات القائمة على بروتوكول الإنترنت.

التوصية ITU-T P.800 أساليب التحديد الشخصي لنوعية الإرسال.

التوصية ITU-T P.862 وظيفة التقابل لتحويل العلامات الخام P.862 إلى علامات متوسطة للرأي بشأن نوعية الوصلة الموضوعية (MOS-LQO).

التوصية ITU-T I.356 أداء نقل الخلايا في طبقة أسلوب النقل اللاتزامني ATM في الشبكة ISDN عريضة النطاق.

التوصية ITU-T G.107 النموذج E، نموذج حسابي للاستخدام في تخطيط الإرسال.

التوصية ITU-T G.113 إضعاف الإرسال الناجم عن معالجة الكلام.

التوصية ITU-T G.114 وقت الإرسال في اتجاه واحد.

التوصية ITU-T G.711 التشكيل النبضي الشفري (PCM) للترددات الصوتية.

التوصية ITU-T G.723.1 مشفر الكلام بمعدل مزدوج للاتصالات متعددة الوسائط مرسلة بمعدل 5,3 و6,3 kbit/s.

التوصية ITU-T G.729 تشفير الكلام عند 8 kbit/s بواسطة تنبؤ خطي مع إثارة عن طريق تتابع مشفر بهيكل جبري مترافق (CS-ACELP).

وثائق أخرى

ETSI TS 101 761-1 v1.3.1 شبكات نفاذ راديوي عريضة النطاق، وشبكة حضرية راديوية عالية الأداء، النوع 2؛ طبقة التحكم في وصلات البيانات؛ الجزء 1: وظائف نقل البيانات الأساسية

ETSI TS 101 856 v1.1.1 شبكات نفاذ راديوي عريضة النطاق، المتطلبات الوظيفية لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت تعمل تحت 11 GHz: شبكة منطقة حضرية راديوية عالية الأداء (HIPERMAN).

ETSI TS 101 999 v1.1.1 شبكات نفاذ راديوي عريضة النطاق؛ وشبكة حضرية راديوية عالية الأداء (HIPERACCESS)؛ ومواصفات بروتوكول الطبقة المادية (PHY).

IEEE standard for local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 1: High-speed physical layer in the 5 GHz band.

IEEE standard for local and metropolitan area network – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications.

IEEE standard for local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 4: Further higher-speed physical layer extension in the 2.4 GHz band.

IEEE standard for local and metropolitan area networks – Part 16: Air interface for fixed broadband wireless access systems.

ARIB STD-T70 v1.0 – Low power data communication systems/broadband mobile access communication system (HiSWANa).

Design and considerations for traffic class expediting and dynamic multicast filtering, IEEE Std 802.1D Annex H, IEEE, 1998.

http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charters.html

http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html

http://www.ietf.org/html.charters/rsvp-charter.html

Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: Medium access control (MAC) enhancements for quality of service (QoS), IEEE std 802.11e/D1, March 2001.

INOUE, Y., SAITOH, S., IIZUKA, M. and MORIKURA, M. [December 2000] A fair data transfer method by using a CoS control mechanism for fixed wireless access systems, The 2000 International Conference on broadband wireless access systems, p. 19-25.

KAGAMI, O., OTHA, A. and HOJO, H. [November 2002] Development of compact wireless access equipment for an AWA system based on HiSWANa standard, *NTT Rev.*, p. 49-53, Vol. 14, No. 6.

TTC Standard JJ-201.01 [2003] A method for speech quality assessment of IP telephony.

ETSI TR 101 329-7 – End-to-end quality of service in TIPHON systems; Design guide for elements of TIPHON connection from an end-to-end speech transmission point of view.

MASUDA, M. and ORI, K. [November 2001] Network performance metrics in estimating the speech quality of VoIP, IEICE APSITT2001, p. 333-337.

ICHIKAWA, T., *et. al.*, *Approximation of characteristics of CSMA/CA based on IEEE 802.11 standard*, B-5-186, Proceedings of the 2003 IEICE Society Conference.

5 المختصرات

استخدمت في هذا التقرير المختصرات التالية:

ACK	إشعار بالاستلام (*Acknowledge*)
AIFS	الفضاء بين الأرتال المتعلق بالتحكيم (*Arbitration inter-frame space*)
ARQ	طلب التكرار أوتوماتياً (*Automatic repeat request*)
ATM	أسلوب النقل غير المتزامن (*Asynchronous transfer mode*)
BC	قناة إذاعية (*Broadcast channel*)

BCC	شفرة تلافيفة فدرية (*Block convolutional code*)
BE	أفضل جهد (*Best effort*)
BEB	فترة الانتظار الأسية الثنائية (*Binary exponential backoff*)
BER	نسبة الخطأ في البتات (*Bit error ratio*)
BS	المحطة القاعدة (*Base station*)
BWA	النفاذ اللاسلكي عريض النطاق (*Broadband wireless access*)
CBR	معدل بتات ثابت (*Constant bit rate*)
CBQ	الاصطفاف على أساس الرقبة (*Class based queuing*)
CDV	تغير مهلة الخلايا (*Cell delay variation*)
CER	معدل خطأ الخلايا (*Cell error ratio*)
CLR	معدل خسارة الخلايا (*Cell loss ratio*)
CMR	معدل الإدراج الخطأ للخلايا (*Cell misinsertion ratio*)
CoS	رتبة الخدمة (*Class of service*)
CSMA/CA	النفاذ المتعدد للاستشعار والموجة الحاملة مع تجنب الاصطدام (*Carrier sensing multiple access with collision avoidance*)
CTD	مهلة نقل الخلايا (*Cell transfer delay*)
CW	نافذة تنازع (*Contention window*)
CWmin	الحد الأدنى لنافذة التنازع (*Contention window minimum*)
DAMA	نفاذ متعدد مع تخصيص حسب الطلب (*Demand assign multiple access*)
DiffServ	خدمة مميزة (*Differentiated service*)
DIFS	الفضاء بين الأرتال المتعلق بوظيفة التنسيق الموزع (*Distributed coordination function inter frame space*)
DL	وصلة معطيات (*Data link*)
DS	خدمات تفاضلية (*Differentiated service*)
DSA	تخصيص الفتحة الدينامية (*Dynamic slot assignment*)
EDCF	وظيفة التنسيق الموزعة المعززة (*Enhanced distributed coordination function*)
FCS	تتابع التحقق من الرتل (*Frame check sequence*)
FDD	ازدواج بتقسيم التردد (*Frequency division duplex*)
FSDD	ازدواج بتقسيم مبدل للترددات (*Frequency switched division duplexing*)
FEC	تصيح أمامي للأخطاء (*Forward error correction*)
FIFO	ترتيب الخروج بحسب أولوية القدوم (*First in first out*)
FTP	بروتوكول نقل الملفات (*File transfer protocol*)

FWA	النفاذ اللاسلكي الثابت (*Fixed wireless access*)
GBN	طريقة الرجوع إلى الخلف بمقدار N (*Go-Back-N method*)
GBR	معدل بتات مضمون (*Guaranteed bit rate*)
HCF	تنسيق هجين (*Hybrid coordination function*)
HEC	التحكم في الأخطاء الرأسية (*Header error control*)
HIPERACCESS	شبكة ACCESS الراديوية العالية الأداء (*High performance radio ACCESS network*)
HIPERMAN	شبكة المنطقة الحضرية الراديوية العالية الأداء (*High performance radio metropolitan area network*)
HRP	مسير مرجعي افتراضي (*Hypothetical reference path*)
IEEE	معهد المهندسين الكهربائيين والإلكترونيين (*Institute of Electrical and Electronics Engineering*)
IETF	فريق مهام هندسة الإنترنت (*Internet engineering task force*)
IP	بروتوكول الإنترنت (*Internet protocol*)
IPDV	تغير وقت رزمة IP (*IP packet delay variation*)
IPER	معدل الخطأ في رزم IP (*IP packet error ratio*)
IPLR	معدل الخسارة في رزم IP (*IP packet loss ratio*)
IPTD	وقت نقل رزم IP (*IP packet transfer delay*)
ITU-R	قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد (*International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector*)
ITU-T	قطاع تقييس الاتصالات بالاتحاد (*International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector*)
LCO	نتيجة خسارة الخلايا (*Loss cell outcome*)
LDP	برتوكول توزيع البطاقات (*Label distribution protocol*)
LSR	مسير تبديل بطاقات (*Label switching router*)
MAC	طبقة مراقبة النفاذ إلى الوسائط (*Media access control layer*)
MC	الإرسال المتعدد (*Multicast*)
MP	نقطة قياس (*Measurement point*)
MP-MP	نقاط متعددة إلى نقاط متعددة (*Multipoint-to-multipoint*)
MPLS	تبديل متعدد البروتوكولات بالتوسيم (*Multi-protocol label switching*)
MOS	متوسط الرأي (*Mean opinion score*)
NAK	إشعار بالاستلام سالب (*Negative Acknowledge*)
nrtPS	خدمة مساءلة في الوقت غير الفعلي (*Non-real-time polling service*)
OFDM	تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (*Orthogonal frequency division multiplexing*)
PCR	ذروة معدل الخلايا (*Peak cell rate*)

PDU	وحدات بيانات البرتوكول (*Protocol data units*)
PHSI	معرف هوية كبت رأسية الحمولة المفيدة (*Payload header suppression identifier*)
PLC	إخفاء خسارة الرزم (*Packet loss concealment*)
PS	فجوة مادية (*Physical slot*)
P_{pl}	احتمال خسارة الرزم (*Packet loss probability*)
P_{plN}	احتمال خسارة الرزم في الشبكة (*Packet loss probability in network*)
P_{plB}	احتمال خسارة الرزم في دارئة امتصاص الارتعاش (*Packet loss probability in jitter absorption buffer*)
PHB	السلوك لكل قفزة (*Per-hop behaviour*)
PHY	الطبقة المادية (*Physical layer*)
P-P	نقطة إلى نقطة (*Point-to-point*)
P-MP	نقطة إلى نقاط متعددة (*Point-to-multipoint*)
PESQ	تقييم محسوس لجودة الكلام (*Perceptual evaluation of speech quality*)
PSTN	شبكة هاتفية عمومية تبديلية (*Public switched telephone network*)
QoS	نوعية الخدمة (*Quality of service*)
R	عامل التقدير (*Rating factor*)
RSVP	بروتوكول حجز موارد (*Resource reservation protocol*)
rtPS	خدمة مساءلة في الوقت الفعلي (*Real-time polling service*)
RTS/CTS	طلب إرسال/موافقة على الإرسال (*Request to send/clear to send*)
SLA	اتفاق مستوى الخدمة (*Service level agreement*)
SC	موجة حاملة أحادية (*Single carrier*)
SDH	تراتبية عددية متزامنة، التراتب الرقمي المتزامن (*Synchronous digital hierarchy*)
SDMA	النفاذ المتعدد للتقسيم المكاني (*Space division multiple access*)
SIFS	قصر المسافة بين الأرتال (*Short inter frame space*)
SR	تكرار انتقائي (*Selective repeat*)
TC	فئة الحركة (*Traffic category*)
TCI	معلومات التحكم في الوسم (*Tag control information*)
TDD	إرسال مزدوج بتقسيم الزمن (*Time division duplex*)
TDM	إرسال متعدد بتقسيم الزمن (*Time division multiplex*)
TDMA	نفاذ إرسال متعدد بتقسيم الزمن (*Time division multiple access*)
ToS	نمط الخدمة (*Type of service*)
TTC	لجنة تكنولوجيات الاتصال (*Telecommunication Technology Committee*)

UBR معدل بتات غير محدد (*Unspecified bit rate*)

UGS خدمة المنح غير الملتمسة (*Unsolicited grant service*)

UNI سطح بيني من المستعمل إلى الشبكة (*User network interface*)

VoIP نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت (*Voice over Internet protocol*)

WAN شبكة المنطقة الواسعة (*Wide area network*)

WFQ الرتيب العادل المرجح (*Weighted fair queuing*)

WRR حلقة إدراج دوارة مرجحة (*Weighted round robin*)

6 الخصائص التقنية التي يجري تناولها

1.6 طريقة التشكيل والنفاذ المتعدد

يمكن الاسترشاد بالجدول 1 للاطلاع على الطرائق المفضلة للنفاذ المتعدد وتقنيات التشكيل لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت لنقل رزم بروتوكول الإنترنت أو خلايا أسلوب الإرسال.

الجدول 1

طرائق النفاذ المتعدد وتقنيات التشكيل

Conveyed signal	النفاذ المتعدد[1]	التشكيل
رزمة بروتوكول الإنترنت	TDM-TDD/FDD TDMA-TDD/FDD OFDMA-TDD/FDD DAMA-TDD/FDD CSMA/CA DSSS-OFDM	Adaptive (4-, 16-, and 64-QAM)[2] Adaptive (BPSK, 4-, 16-, and 64-QAM)[2] Adaptive (BPSK, 4- 16-, 64- and 256-QAM)[2] Presettable (4- and 16-QAM) CCK (QPSK) DSSS (BPSK, QPSK)
خلية أسلوب النقل غير المتزامن	TDM-TDD/FDD TDMA-TDD/FDD OFDMA-TDD/FDD DAMA-TDD/FDD	Adaptive (4-, 16-, and 64-QAM)[2] Adaptive (BPSK, 4-, 16-, and 64-QAM)[2] Adaptive (BPSK, 4-, 16-, 64- and 256-QAM)[2] Presettable (4- and 16-QAM)

[1] بما في ذلك أسلوب الازدواج.

[2] يمكن تطبيق تقنيات التشكيل هذه بالاقتران مع تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد.

2.6 رتبة الخدمة (CoS) ونوعية الخدمة (QoS)

في المجموعة المتنوعة للتطبيقات العريضة النطاق، هناك طلب متزايد على الخدمات ذات النوعية المضمونة. ومن المستصوب أيضاً اعتماد ضمانه لنوعية الخدمة في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت حيث نوعية الاتصالات تضاهي الخدمات المختلفة.

وتتوفر لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت القائمة على أسلوب النقل غير المتزامن القدرة على التحكم في نوعية الخدمة التي هي إحدى قدرات النقل بأسلوب النقل غير المتزامن. وعلى العكس من ذلك، فإن التحكم في رتبة الخدمة حل واقعي في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت القائمة على بروتوكول الإنترنت وذلك بسبب محدودية عرض النطاق وخصائص القناة الراديوية.

ويقدم الملحق 1 وصفاً لآلية للسيطرة على رتبة الخدمة ونوعية الخدمة في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت باستخدام التحكم الموزع أو التحكم المركزي.

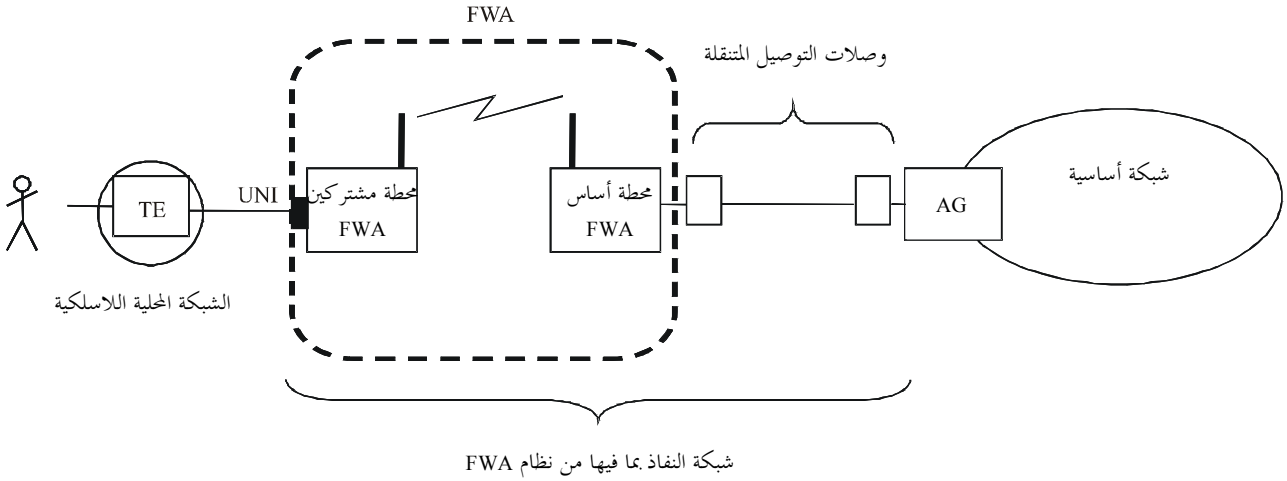
3.6 خصائص مهلة النقل

تحدد التوصية ITU-T Y.1541 الأهداف الشاملة لأداء برتوكول الإنترنت. وتشمل معلمات الأداء، معلمات مهلة النقل، أي وقت نقل رزم IP والتغير في مهلة نقل رزم IP المعرفان في التوصية ITU-T Y.1540، التي يتعين مراعاتها في تصميم أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت التي تنقل رزم IP أو خلايا ATM.

ولا توجد حالياً مواصفات بشأن كيفية تقسيم متطلبات طرف لسطح بيني، بين المستعمل والشبكة إلى طرف لسطح لمهلة نقل رزم IP والتغير في مهلة نقل رزم IP إلى إجراء فردية تكون شبكة نفاذ. وينبغي تصميم أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت أساساً بحيث يمكن التقاء مهلة نقل رزم IP والتغير في مهلة نقل رزم IP، كما في التشكيل الوارد في الشكل 1، الذي يتضمن المتطلبات المحددة في التوصية ITU-T Y.1541.

الشكل 1

استخدام نظام FWA في شبكة النفاذ



AG: بوابة النفاذ
TE: معدات طرفية
UNI: سطح بيني بين المستعمل والشبكة

Rap 2058-01

ومن أجل تحقيق المتطلبات المشار إليها أعلاه، تراعى الاعتبارات التالية.

عموماً، قد تتضمن معدات FWA (محطة المشتركين، محطة الأساس، وما إلى ذلك) بعض الدارئات للتحكم في توقيتات الإرسال، ومعادلة الاهتزازات، وتشكيل الأرتال وما إلى ذلك. وتؤدي هذه الدارئات إلى انخطاط المهملة في أنظمة FWA. وبروتوكولات النفاذ التمثيلية لأنظمة FWA هي CSMA/CA وTDMA، وقد تصبح بروتوكولات النفاذ هذه عوامل سائدة في خصائص المهلة في أنظمة FWA.

1.3.6 الاعتبارات المتعلقة بمهلة نقل رزم IP

في المخطط CSMA/CA، تعتمد تقنيات فترة الانتظار وطلب الإرسال الموافقة على الإرسال (RTS/CTS)، من أجل تجنب اصطدام الرزم. وتؤدي هذه التقنيات إلى انخطاط IPTD، وخاصة عندما تحاول محطات كثيرة إرسال رزم في آن واحد (انظر الملحق 2).

ففي المخطط TDMA، تتحكم محطات الأساس في كامل عروض النطاقات وتخصصها لتدفق كل خدمة بحيث يمكن، من حيث المبدأ، تحقيق توصيلات خالية من التصادم. وبمجرد التمكن من إنجاز إجراء التوصيل الأولي، قد لا يحدث بعد ذلك انخطاط في IPTD، مثل CSMA/CA نتيجة لتجنب مثل فترة الانتظار وطلب الإرسال الموافقة على الإرسال (RTS/CTS)، ومع ذلك، فإن ثمة عوامل عديدة مثل خوارزمية الجدول، وهيكل الرتل، وأحمال الحركة والقدر قد تصبح أسباباً لانخطاط IPTD (انظر الملحق 3).

2.3.6 الاعتبارات المتعلقة بتغيير مهلة رزمة IP

عادة ما تتبنى أنظمة FWA القائمة على CSMA/CA مخطط فترة الانتظار الأسية الثنائية (BEB). وقد يسبب ذلك قيماً كبيرة لمهلة الانتظار IPDV من حين لآخر. ويخفف هذا المخطط من احتمال إعادة الإرسال في آن واحد من عدة محطات، ولكنه يتعرض لانحطاط IPDV. وإضافة إلى ذلك، وخاصة عندما تشغل رزمة طويلة القناة الراديوية لفترة زمنية طويلة، تزيد مهلة الانتظار للحزم الأخرى التي سيجري إرسالها. ويؤدي هذا أيضاً إلى انحطاط التغير في مهلة الانتظار IPDV.

وفي مخطط TDMA، يمكن لمحطات الأساس أن تتحكم في عروض النطاقات على أساس تدفق الخدمة. ومن ثم، يمكن تحقيق إرسال خالٍ من الاهتزازات مقارنة بإرسال CSMA/CA.

للإطلاع على توجيهات تقنية ونماذج من الحسابات المتعلقة بـ IPTD وIPDV في الأنظمة اللاسلكية للنفاذ إلى جزء من شبكة IP (انظر الملحق 4).

4.6 تقنية نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت

يعتبر نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت حالياً أحد أفضل الحلول للشبكات القائمة على بروتوكول الإنترنت.

ويرد تعريف بعض المعلمات، من قبيل المهلة أو نسبة خسارة الرزم في التوصيات المتعلقة بالشبكات التي تعمل من طرف إلى طرف (بما في ذلك القطاعات السلكية واللاسلكية على السواء). وينبغي تعريف أهداف معلمات الأداء هذه في القطاعات اللاسلكية.

ويقدم الملحق 5 الخصائص التقنية لأنظمة FWA العريضة النطاق لدعم نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت، بصيغتها المستقاة من دراسات لجنة تكنولوجيا الاتصالات التي يمكن الإطلاع عليها في معيار لجنة تكنولوجيا الاتصالات JJ-201.01 – طريقة لتقييم جودة الصوت في المهاتفة عن طريق بروتوكول الإنترنت 2003.

5.6 تقنية استخدام الطيف بكفاءة

هناك طريقتان ممكنتان لاستخدام الطيف بكفاءة تتألفان من أسلوب تحكم باستخدام طبقة مادية وأسلوب تحكم باستخدام طبقة مراقبة النفاذ إلى الوسائط.

ويقسم أسلوب التحكم باستخدام الطبقة المادية بدوره إلى طريقتين. إحداهما تقوم على ملء رزم أو خلايا بصورة كاملة بتطبيق التشكيل التكيفي، والإرسال المزدوج بتقسيم الزمن (TDD)، والنفاذ المتعدد مع تخصيص حسب الطلب (DAMA). وتتمثل الطريقة الأخرى في زيادة كفاءة استخدام الطيف بتطبيق طريقة النفاذ المتعدد بالتقسيم المكاني (SDMA) باستعمال هوائي قطاع أو هوائي في صفيف.

وتخصص تقنية طبقة التحكم في النفاذ إلى الوسائط (MAC) طيفاً مناسباً للبيانات بحسب التطبيق المستخدم أو نوعية الخدمة. وتجزأ البيانات إلى أجزاء أو تقسم إلى رزم من أجل زيادة كفاءة استخدام حمولة البيانات. ويقدم الملحق 6 وصفاً لتكنولوجياً تستخدم في إزالة الخلايا الخاملة من دون إحداث تغيير في مهلة خلايا لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت القائم على أسلوب النقل غير المتزامن.

6.6 تقنيات تصحيح الأخطاء في نظام FWA قائم على أسلوب النقل غير المتزامن

في أنظمة FWA القائمة على أسلوب النقل غير المتزامن، يؤد طلب التكرار أوتوماتياً ARQ و/أو التصحيح الأمامي للأخطاء.

ويقدم الملحق 7 تقنيات تصحيح الأخطاء في نظام FWA قائم على أسلوب النقل غير المتزامن.

الملحق 1

آلية لضمان نوعية الخدمة أو رتبة الخدمة في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت العريضة النطاق

1 مقدمة

يقدم هذا الملحق وصفاً لآليات ضمان نوعية الخدمة و/أو رتبة الخدمة في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابتة العريضة النطاق. أحد هذه الآليات هو نظام للتحكم الموزع والآخر هو نظام للتحكم المركزي. وأحد أمثلة نظام التحكم الموزع أنظمةIEEE 802.11. وهي خدمة تبديل الرزم تعتمد النفاذ المتعدد لاستشعار الموجة الحاملة مع تجنب الاصطدام CSMA/CA. ومن جهة أخرى تخصص محطة أساس الفترة الزمنية الفاصلة لرتل طبقة التحكم في رتل النفاذ إلى الوسائط بالتحكم في الإرسال المتعدد بتقسيم الزمن TDMA MAC إلى مطاريف المستعملين أو إلى تردد مجمع وتقسيم الزمن في OFDMA في نظام التحكم المركزي. ومن أمثلة أنظمة التحكم المركزي ETSI-BRAN HIPERMAN أو HIPERACCESS أو HIPERLAN أو IEEE802.16-2004 أو MMAC-HSWA HiSWAN. ولا يمكن بلوغ الجودة التامة للخدمة حتى في ظروف التحميل الزائد، إلا باستخدام أنظمة التحكم المركزية.

وهناك مخططان لتحقيق نوعية الخدمة و/أو رتبة الخدمة، أحدهما هو المخطط المحدد الأولويات الذي يتيح التحكم على أساس الأولويات في رتب الخدمة دون تحديد معلمات معينة للخدمة. المخطط الآخر هو المخطط ذو معلمات من أجل ضمان معلمات الجودة للاتصالات المطلوبة. والمخطط ذو المعلمات هو المخطط الوحيد الذي يمكن أن يضمن نوعية الخدمة.

في المقام الأول، تقدم نظرة شاملة للتحكم في رتبة الخدمة في الفقرة 2. بعد ذلك، تبين في الفقرة آليات إدارة الاصطفاف والأولوية من أجل دعم ضوابط رتبة الخدمة. بعد ذلك تقدم الفقرتان 4 و5 على التوالي آلية للتحكم في رتبة الخدمة لمخطط تحكم موزع وآلية للتحكم في نوعية الخدمة لمخطط تحكم مركزي. وأخيراً، ترد في الفقرة 6 مقارنة بين نظام مخطط التحكم الموزع ونظام مخطط التحكم المركزي.

2 نظرة شاملة على التحكم في رتبة الخدمة

1.2 نموذج الطائرة

يتم شرح رتبة الخدمة في أحيان كثيرة باستخدام نموذج الطائرة (انظر الشكل 2). وتصنف نوعية الخدمة إلى رتب خدمة عديدة تماماً كتصنيف كراسي الطائرة إلى الدرجة الأولى ودرجة رجال الأعمال والدرجة السياحية. وتستخدم رتب الخدمة التي تزيد عن الرتب المعتادة لخدمة أفضل جهد لتقديم خدمات عالية المستوى، مثل ضمان حد أدنى لوقت التأخير أو عرض النطاق المتاح. وتقدم الخدمة العالية المستوى إذا قبل الطلب الوارد من المستعمل. وتستخدم طرائق التحكم في الدخول أو التحكم في السياسات لتحديد رتب الخدمة التي يسمح باستخدامها في نقل البيانات. وبحسب رتبة الخدمة، تتم كل عملية لنقل البيانات على أساسا النوعية. غير أن كمية الحركة التي تحمل في هذه الرتب العالية للخدمة تكون محدودة لأن عرض النطاق المتاح يكون محدوداً.

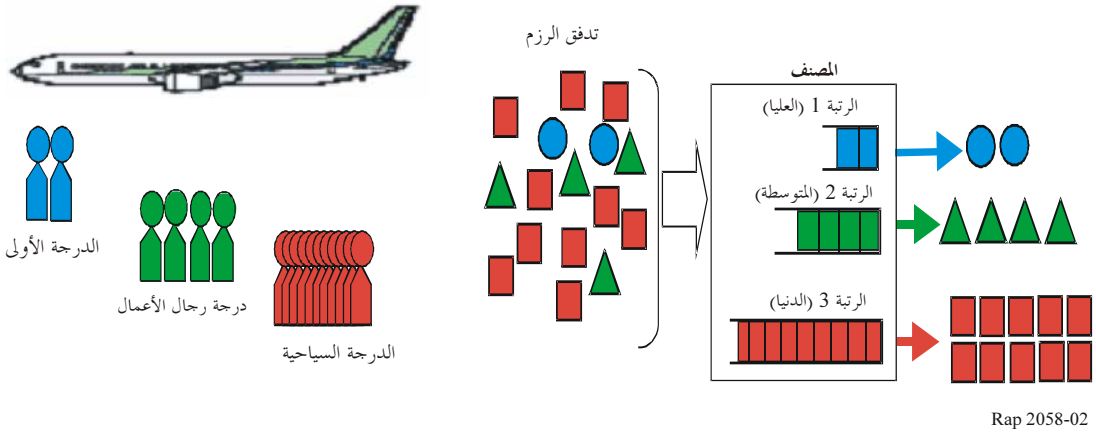
2.2 آلية التحكم في رتبة الخدمة لتدفقات أفضل جهد في بيئة النفاذ اللاسلكي الثابت

1.2.2 التحكم في الأولوية من أجل التحكم في رتبة الخدمة

يلزم رتبتان للخدمة على الأقل من أجل توفير التحكم في رتبة الخدمة. وتربط الأولوية برتبة الخدمة وتتم مفاضلة بين الخدمات وفقاً للأولوية. ويجب أن تحدد محطة الأساس (BS) رتبة الخدمة لكل عملية نقل بأفضل جهد. ويحتاج المشترك إلى معرفة رتبة الخدمة في نقل بياناتها بأفضل جهد. وتبين الفقرات التالية الطريقة التي يتم بها تحديد رتبة الخدمة وترجمتها للمشترك.

الشكل 2

نموذج الطائرة



2.2.2 تعيين الأولوية

هناك طرائق عديدة لتعيين رتبة الخدمة لنقل البيانات التي يُسفر عنها أفضل جهد بين محطة الأساس ومحطة المشترك. وقد يكون للمستعملين التجاريين أو للعملاء عند الطرف الأعلى أولية أعلى من الآخرين في إرسال البيانات التي يُسفر عنها أفضل جهد. وقد تسيطر محطة الأساس على عرض النطاق الموزع على المشتركين والذي يشغل موارد النظام عن طريق إرسال أو استقبال قدر أكبر من البيانات. ولحماية موارد النظام من المشتركين الذين يتسمون بالطمع، قد تغير محطة الأساس الخدمة الخاصة بهم إلى رتبة أدنى. وفي هذه الحالات، تتحقق محطة الأساس من البيانات المرسلة و/أو المستقبلة من كل مشترك وتغير رتبه الخدمة على أساس كمية البيانات والعتبة المحددة.

وفي كلتا الحالتين، يكون دور محطة الأساس هو تعيين رتبة الخدمة للمشترك. في الحالة الأولى، يمكن لمحطة الأساس أن تسأل خادم المصادقة أو أن تتحقق من قاعدة البيانات الداخلية. وفي الحالة الأخيرة، يمكن لمحطة الأساس أن تتحكم في رتبة الخدمة التي تعرض على كل مشترك.

3.2.2 تبليغ رتبة الخدمة إلى المشتركين

من أجل التحكم في رتبة الخدمة في الاتجاهين الأمامي والخلفي، تحتاج محطة الأساس إلى معرفة رتبة الخدمة لكل مشترك. ولهذا الغرض يستخدم تشوير الخروج أو الدخول.

في نظام تأشير الخروج، ترسل محطة الأساس المعلومات المتصلة برتبة الخدمة إلى كل مشترك قبل نقل البيانات. وفي هذه الحالة يجب على محطة الأساس أيضاً أن تبلغ المشترك بأي تغيرات في رتبة الخدمة.

ثمة بديل آخر يتمثل في نظام تشوير الدخول حيث ترسل محطة الأساس المعلومات المعينة بشأن رتبة الخدمة مع البيانات باستخدام آلية مماثلة معرفة في معيار الملحق H2 في IEEE 802.ID على النحو المبين في الشكل 3. وتحدد محطة الأساس أولوية أي رتل في راسية الرتل. ولأن الأولوية مرتبطة برتبة الخدمة، يمكن أن يتعرف المشترك على رتبة الخدمة من المعلومات المتعلقة بالأولوية.

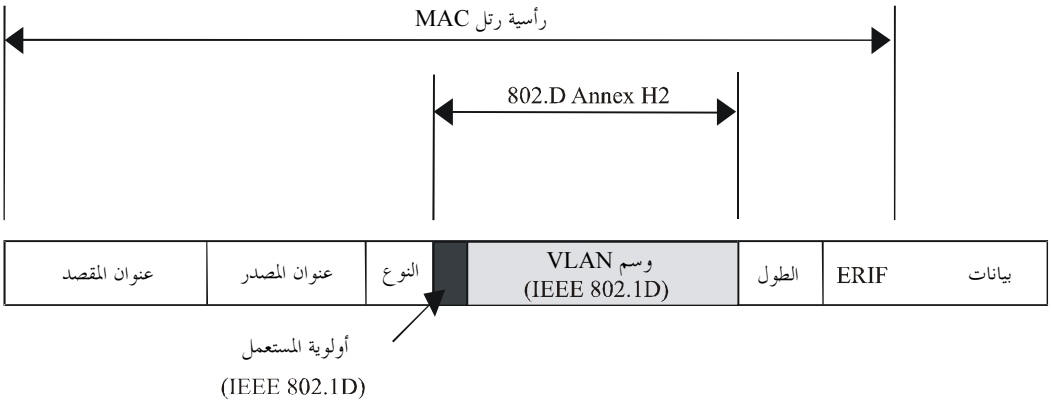
وكما في الشكل 4، يحدد المشترك نفس المعلومات المتعلقة بالأولوية مع آخر رتل بيانات تم استقباله.

ويجب مراعاة رتبة الخدمة المعينة في طريقة التحكم في النفاذ. ورغم وجود العديد من طرائق النفاذ العشوائي، فإن معظمها لا يدعم هذه الوظيفة. وقد افتُرضت طريقة قائمة على CSMA/CA لإتاحة إرسال محدد الأولويات.

ويبدو استخدام نظام للتحكم في الأولوية عن طريق برنامج تشوير الدخول، حلاً واقعياً للتحكم في رتبة الخدمة في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابتة لأنها لا تحتاج إلى عرض نطاق كبير جداً مقارنة بنظام تشوير الخروج.

الشكل 3

التحكم في الأولوية بوسم الرتل

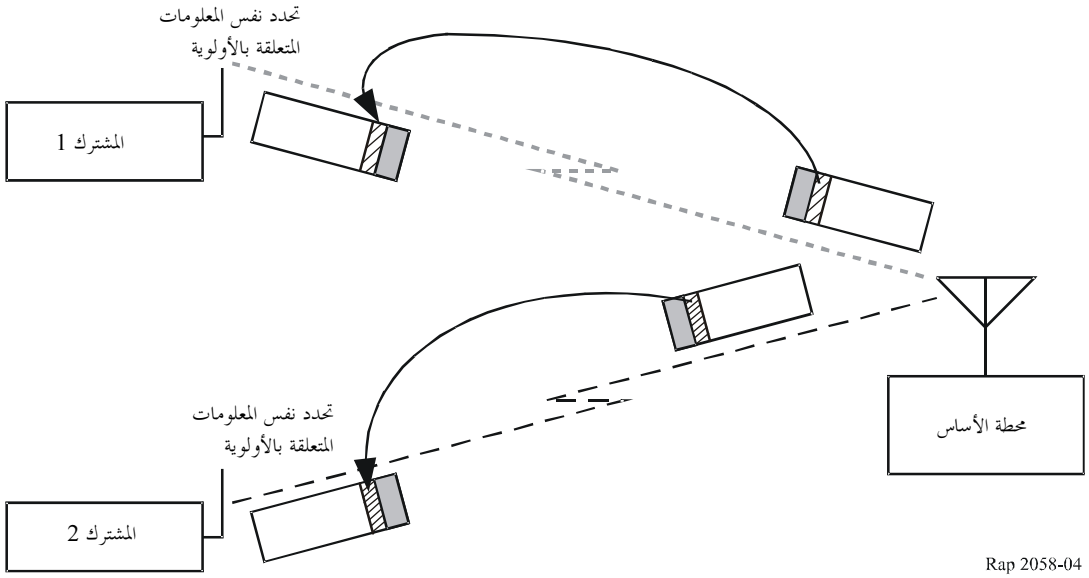


ERIF: حقل معلومات التسيير المبيتة

Rap 2058-03

الشكل 4

الإخطار برتبة الخدمة بواسطة مخطط التشوير الداخل



Rap 2058-04

3.2 تأثير التحكم في رتبة الخدمة

1.3.2 النفاذ العادل

تتمثل إحدى فوائد التحكم في رتبة الخدمة في منع مستعمل معين من شغل عرض النطاق المحدود للقناة الراديوية وتوفير نفاذ عادل لجميع المشتركين. وبخفض رتبة خدمة عن الرتبة المعتادة لأفضل جهد ممكن، فإن المشترك الذي يستهلك معظم موارد التردد بمفرده يجبر على الحط من رتبة الخدمة.

ويستطيع المشغل، عن طريق التحقق من كمية البيانات المنقولة لكل مشترك في المحطات الأساس، أن يعرف نشاط كل مستعمل. وسوف تكون هناك بعض الطرائق للتحقق من كمية البيانات المنقولة لكل مشترك. فمثلاً، قد يكفي عنوان بروتوكول الإنترنت للتعرف على المستعمل الكثيف الاستعمال. وبطبيعة الحال، يمكن للمشغل أن يتحقق من تدفق الحركة بمزيد من التفصيل.

ويجب أن يكون لدى مقدم الخدمة سياسة بشأن آلية التحكم من أجل حماية موارد النظام من أي مستعمل يتعمد الإفراط في شغل موارد النظام.

2.3.2 التحكم في رتبة الخدمة من طرف لطرف

لتوفير ضوابط لرتبة الخدمة في المنطقة من طرف لطرف، يتعين أن يكون لدى محطات الأساس للنفاذ اللاسلكي الثابتة و/أو معدات التسيير العليا الخاصة بها، قادرة على تأدية وظائف معالجة رتبة الخدمة إذا أمكن، وينبغي أن تكون مطاريف المشتركين أيضاً قادرة على أداء وظيفة مناظرة. ويتوقف على أداء التحكم في رتبة الخدمة أو عدم أدائه على عرض النطاق المتاح. ولتلبية متطلبات مختلف المشتركين، يحتاج النظام إلى عرض نطاق يزيد كثيراً عما هو ضروري للخدمة المعتادة في ظل أفضل جهد. ورغم أن عرض النطاق محدود وأن القناة الراديوية لا يمكن التعويل عليها بدرجة كبيرة، سيتم تقديم مستوى معين من التحكم في رتبة الخدمة.

3 الاصطفاف وآليات إدارة الأولوية من أجل دعم ضوابط رتبة الخدمة في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابتة

1.3 مقدمة

تعرض هذه الفقرة آليات الاصطفاف ونظام إدارة الأولوية اللذين يدعمان ضوابط رتبة الخدمة في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت. وسوف تستخدم آلية اصطفاف تتيح التحكم في الأولوية و/أو عمليات نقل عادلة للبيانات من أجل مفاضلة الخدمة على أساس رتب الخدمة ويرد وصف موجز لبعض أنواع آليات الاصطفاف بحسب الأولوية. وعلاوة على ذلك، فإن نظام إدارة الأولوية مقترح من أجل نقل البيانات العادل عن طريق استخدام آلية تحكم في رتبة الخدمة.

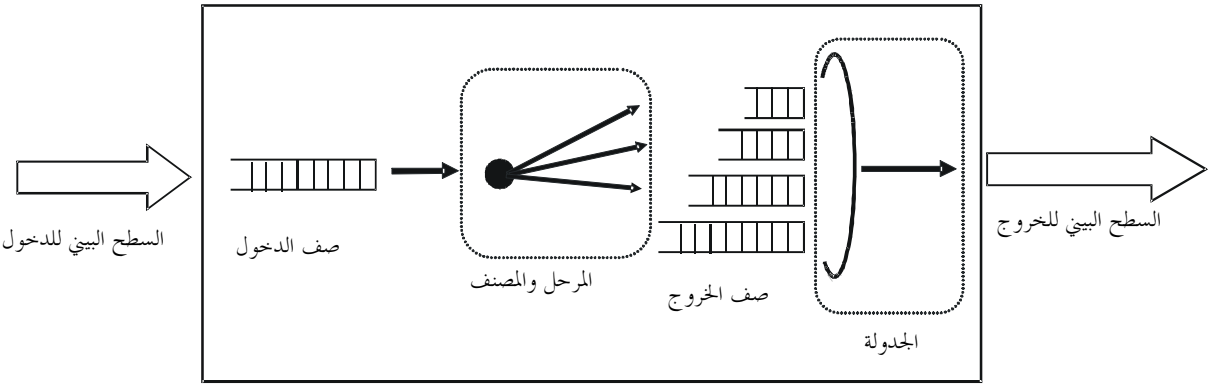
2.3 آليات الاصطفاف لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت

التحكم في رتبة الخدمة هو آلية كفالة نوعية الاتصالات لكل عملية نقل بيانات بحسب رتبة الخدمة الخاصة بها. ويتحقق التحكم في رتبة الخدمة عندما يكون لجميع العُقَد بين الأنظمة النهائية وظيفته مفاضلة الخدمة بحسب رتبة الخدمة. والآلية الأساسية لهذا الغرض هي الاصطفاف.

ويمكن النظر إلى الاصطفاف باعتباره عملية تخزين مؤقت من أجل إعادة تنظيم رزم بروتوكول الإنترنت وتؤدي دوراً مهماً للغاية في توجيه العُقد إلى الأمام. وتجرى هذه العملية عندما تقوم عقدة بترحيل رزمة من صف الإدخال لسطح بيني إلى صف الإخراج لسطح بيني آخر كما في الشكل 5. وفي هذه العملية، يؤدي تصنيف الرزم وجدولة الرزم لصف الإخراج دوراً بالغ الأهمية في دعم التحكم في رتبة الخدمة. وهذه الفقرة تتناول طرائق الاصطفاف للخروج، أي طرائق جدولة الرزم، وتعرض بإيجاز بعض الآليات الأساسية.

الشكل 5

الاصطفاف وجدولة الرزم في عُقده ترحيل



Rap 2058-05

1.2.3 ترتيب الاصطفاف للخروج بحسب أولوية القدوم

ترتيب الاصطفاف للخروج بحسب أولوية القدوم هو الطريقة المعتادة لنقل رزم بروتوكول الإنترنت من السطح البيني للإدخال إلى السطح البيني للإخراج بأسلوب التخزين والترحيل. وفي ترتيب الاصطفاف للخروج بحسب أولوية القدوم، توضع الرزم القادمة في صف بحسب ترتيب ورودها وترسل الرزم إلى السطح البيني للإخراج بنفس الترتيب.

وترتيب الاصطفاف للخروج بحسب أولوية القدوم هو أشهر الآليات رواجاً، ويقوم الكثير من البائعين بتنفيذه في منتجاتهم. ورغم أن آلية ترتيب الاصطفاف للخروج بسيطة وسريعة، فإنها تتعرض لتأخير في الاصطفاف عندما يزيد حمل الحركة. وعلاوة على ذلك، فإنها لا تستطيع المفاضلة بين أنواع الخدمة من ثم تواجه صعوبات في دعم وظائف التحكم في رتبة الخدمة.

2.2.3 الاصطفاف بحسب الأولوية

في الترتيب بحسب الأولوية يجري دائماً تناول الرزم ذات الأولوية المتقدمة قبل غيرها. ويتحقق الاصطفاف بحسب الأولوية بمعرفة نوع الحركة ووضع الرزم ذات الأولوية المتقدمة في مقدمة صف الإخراج. وقد تستخدم عدة صفوف للإخراج مناظرة لرتب الحركة المقدمة. وفي ترتيب الاصطفاف بحسب الأولوية، توضع الرزم التي تصل في صف الإخراج بحسب الترتيب المعين. ومن ثم ترسل الرزم ذات الأولوية المتقدمة قبل الرزم التي لها أولوية أقل.

3.2.3 الاصطفاف على أساس الرتبة

في الاصطفاف على أساس الرتبة (CBQ)، تصنف الحركة في الشبكة إلى بعض الرتب التي تعرف بواسطة مشغل الشبكة من أجل القيام بعمليات تحويل مختلفة بحسب نوع الحركة. وتحول أي رزمة على أساس رتبة حركتها. ويكون لعُقَد التحويل صفوف خروج لكل رتبة حركة ويستطيع المشغل جدولة حركة الخروج لكل صف. وعلى العكس من الترتيب بحسب الأولوية، يعطي الاصطفاف على أساس الرتبة كل رزمة فرصة لكي تحول على أساس المستوى المصنف للإرسال.

4.2.3 الاصطفاف العادل المرجح

الاصطفاف العادل المرجح (WFQ) هو آلية مشتركة لأولوية الاصطفاف وللاصطفاف العادل. وهي تحقق نقلاً عادلاً للبيانات، تراعي فيه الأولوية وكمية الحركة لكل رتبة حركة.

3.3 مخططات التحكم في رتبة الخدمة في الطبقة 3 أو الطبقات الأعلى

دعماً للتحكم في رتبة الخدمة بين المستعملين النهائيين، اقترحت بعض الآليات التي تعمل على طبقة بروتوكول الإنترنت. وهذه المخططات فعالة في توفير التحكم في رتبة الخدمة من طرف إلى طرف. وإذا كانت محطات الأساس للنفاذ اللاسلكي الثابت أو المسيرات الموجودة في النطاق تدعم هذه الوظيفة، فإنه يمكن توفير خدمات متنوعة الوسائط. وترد في الجدول 2 الطرائق الحالية للتحكم في رتبة الخدمة للطبقتين 2 و3 أو الطبقات الأعلى من ذلك.

الجدول 2

الطرائق المستخدمة حالياً للتحكم في رتب الخدمة

الطبقة	الطريقة		التقييس
Layer 2	IEEE 802.1D Annex H2	IEEE 802.1D Annex H2 Tagging	IEEE 802 Committee
Layer 3-4	MPLS	Label Switching	IETF
	DiffServ	Use of DS field (IP ToS field)	IETF
	RSVP	RSVP signalling	IETF

1.3.3 تبديل الوسم ببروتوكولات متعددة

تستخدم تقنية تبديل الوسم ببروتوكولات متعددة من أجل تحويل الرزم بسرعة عالية. ويعطي لتدفق البيانات وسم يمكن الرجوع إليه من طبقة وصلة البيانات من أجل تمييزه عن غيره. وتستخدم مسيرات تبديل الوسم في تبديل الوسم ببرتوكولات متعددة ويجري تحويل الرزم فيها ليس عن طريق الطبقة 3 وإنما عن طريق الطبقة 2 بالتحقق من وسم مقدمة أرتال الرزم. ومن ثم يصبح تبديل الرزم بسرعة عالية ممكناً لأن تحليل مقدمة بروتوكولات الإنترنت لا يكون ضرورياً إلا للرزمة الأولى.

وعند تخصيص وسم لنقل البيانات، يمكن أيضاً تخصيص نوعية الخدمة لعمل النقل هذه. وينتقل وسم نقل البيانات على مسيرات تبديل الوسم بواسطة بروتوكول توزيع الوسم. عندئذ، يتم أيضاً توزيع رتبة الخدمة، ويتم توفير رتبة الخدمة بواسطة مسيرات تبديل الوسم ومن أجل دعم التحكم في رتبة الخدمة من طرف إلى طرف، يجب أن يقوم مسير حافّي، هو مسير تبديل الوسم الذي يصل مسيراً تقليدياً بمسيرات تبديل الوسم الأخرى. بدعم نموذج الخدمة المميزة (DiffServ).

2.3.3 الخدمات التفاضلية (DiffServ)

في نموذج الخدمات التفاضلية، يجرى التمييز بين مستويات الخدمة بواسطة مجال نمط الخدمة في عنوان رزمة بروتوكول الإنترنت. ولا يستخدم مجال نمط الخدمة في IPv4 ويعاد تحديد معنى ذلك المجال في نموذج (DiffServ). ويتاح تحكم في الحركة قائمة على سياسة أو قاعدة في مجال الخدمات التفاضلية، الذي تنشئه العُقَد القادرة على الخدمة التفاضلية. وتُعَّرف عمليات عُقَد الخدمة التفاضلية، من قبيل أسلوب التحويل للرزم لكل تدفق بيانات في رتبة الخدمة المحددة بواسطة السلوك لكل فقرة (PHB).

وعند نقل بيانات على مجالات للخدمة التفاضلية بنوعية خدمة معينة، فإن خوادم السياسة لمجالات الخدمة التفاضلية هذه، تتفاوض مع بعضها بعضاً. ويكتسب عرض النطاق اللازم لنقل البيانات عن طريق وسيط لعروض النطاقات إذا تم إنجاز SLA.

3.3.3 إدارة الشبكات القائمة على سياسة من أجل توفير رتبة الخدمة

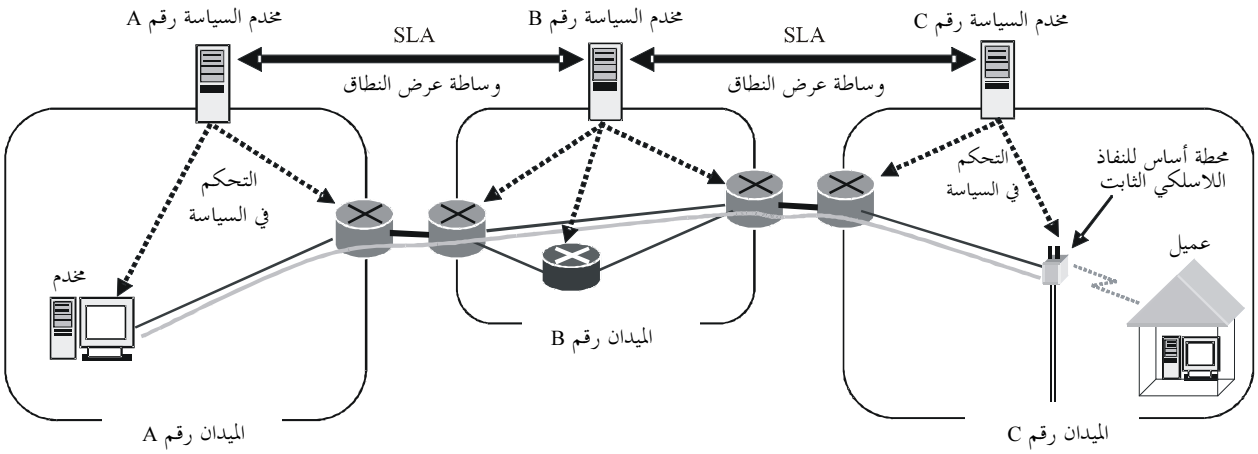
من أجل تحديد أولوية لنقل البيانات وفقاً لمتطلبات المشترك أو للتحكم في أولوية المشترك يلزم وجود إدارة شبكة قائمة على سياسة أو على قاعدة. وسوف يستخدم مراقب السياسة ومراقب القبول لإدارة موارد الشبكة أو أولويات المشتركين.

وعند استخدام أسلوب إدارة الشبكات القائم على السياسة، تكون آلية التحكم مركزياً في النفاذ مفصلة عند بروتوكول الطبقة 2 في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت. ومع أن النفاذ العشوائي، من قبيل النفاذ المتعدد لاستشعار الموجة الحاملة CSMA أو صورة من صوره، قد يكون كافياً لتوفير خدمات أفضل جهد ممكن، فإن آليات النفاذ المركزي، من قبيل البروتوكول القائم على استطلاع الآراء، ستكون لازمة من أجل نشر رتبة الخدمة التي تم تعيينها من أجل تدفق البيانات.

ويوضح الشكل 6 مثالاً لذلك.

الشكل 6

شبكة قائمة على السياسة



Rap 2058-06

4.3.3 آلية التحكم في رتبة الخدمة في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت

يمكن النظر في بعض الاستراتيجيات لتنفيذ آلية التحكم في رتبة الخدمة في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت وفقاً لوظيفة محطة الأساس للنفاذ اللاسلكي الثابت. وبصفة أساسية، سيكون لطبقة التحكم في النفاذ إلى الوسائط MAC وظيفة التحكم في رتبة الخدمة لتدفق البيانات في المنطقة اللاسلكية لأن أسلوب النفاذ محدد هناك.

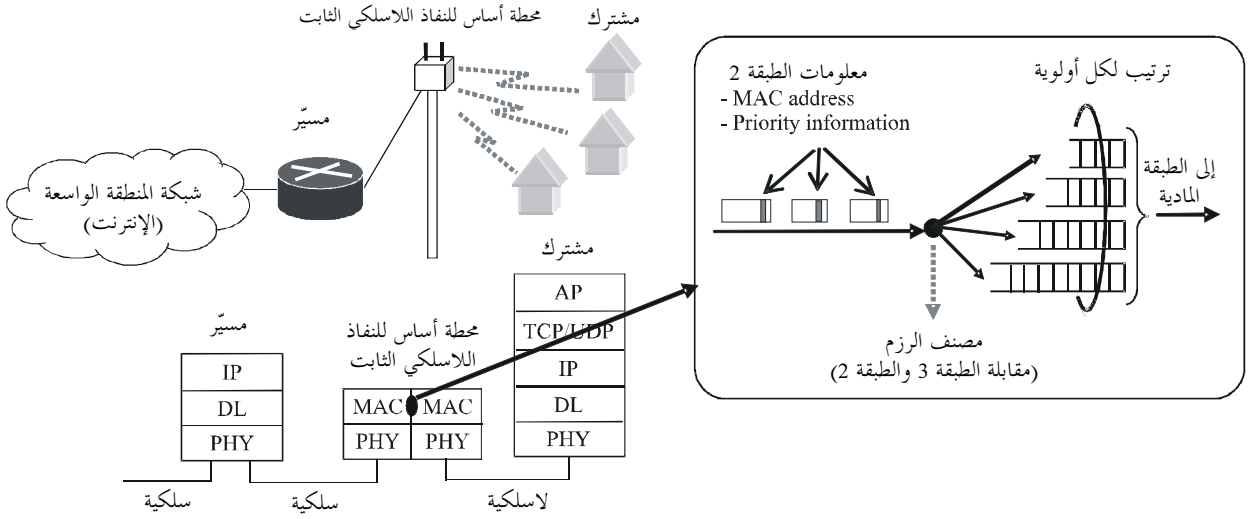
1.4.3.3 عندما تكون محطة الأساس للنفاذ اللاسلكي الثابت جسراً

عندما تعمل محطة أساس للنفاذ اللاسلكي الثابت كجسر على النحو المبين في الشكل 7، تكون إحدى الطرائق المباشرة لتحقيق رتبة الخدمة هي تكوين نوع من الاصطفاف المناظر لكل رتبة خدمة. إذ تحكم محطة الأساس، من المعلومات المتعلقة بالأولوية الوارد في عنوان رتل MAC على أولوية الرتل ثم تصفه على النحو المناسب. وإذا قامت محطة الأساس بترحيل الرتل من منطقة سلكية إلى منطقة لاسلكية أو العكس، فإن ذلك قد يستلزم تحويل البروتوكول وسينجز الإجراء المشار إليه أعلاه في تلك العملية. وعند نقل الأرتال المخزنة، تأخذ محطة الأساس رتلاً من المخزون

وفقاً للخوارزمية المحددة ثم ترسله إلى القناة. وقد تتمثل إحدى الطرائق المتبعة لكفالة رتبة الخدمة في سبل إدارة عملية الترتيب وتحديد الأولوية.
ومطلوب إجراء دراسات عن النهج الأخرى لتحقيق رتبة الخدمة.

الشكل 7

محطة أساس للنفاذ اللاسلكي الثابت مع وجود وظيفة الجسر



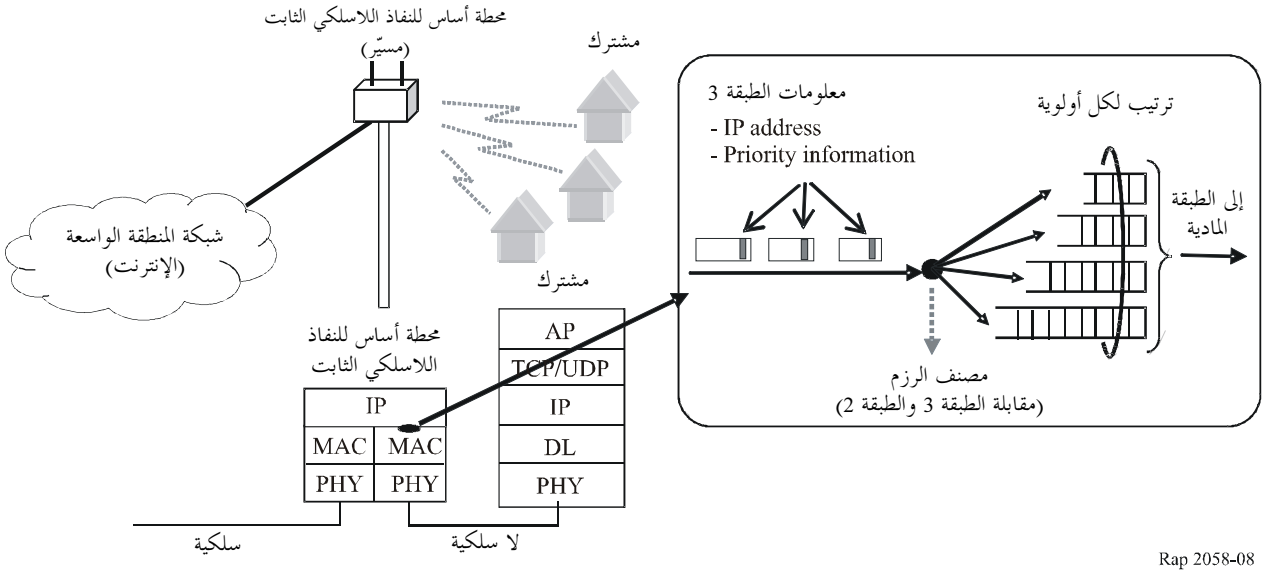
Rap 2058-07

2.4.3.3 عندما تعمل محطة أساس للنفاذ اللاسلكي الثابت مسيراً

يرد في الشكل 8 مثال لكيفية التحكم في رتبة الخدمة، عندما تعمل محطة أساس للنفاذ اللاسلكي الثابت مسيراً. في هذه الحالة، يجب أن تتناول محطة الأساس المعلومات المتعلقة بالأولوية بين الطبقات المختلفة، أي الطبقة 3 والطبقة 2. وفي الكثير من المخططات، تستخدم طريقة تشوير الدخول لتمييز الرزم العالية الأولوية من الرزم العادية لأفضل جهد. وفي هذه الحالة، تكتب المعلومات المتعلقة بالأولوية في عنوان الرزمة. ويفترض أن محطة الأساس للنفاذ اللاسلكي الثابت تكون مزودة بالقدرة على ترتيب طبقة التحكم في النفاذ إلى الوسائط (MAS) ليتحقق التقابل بين رتبة الخدمة في الطبقة 3 والأولوية في الطبقة 2.

الشكل 8

محطة أساس للنفاذ اللاسلكي الثابت مزودة بوظيفة مسيِّر



3.4.3.3 مطاريف المشتركين

يحتاج مطراف المشترك لنظام النفاذ اللاسلكي الثابت آلية من نوع ما للتحكم في نوعية الخدمة.

وعند استقبال رتل بيانات، يجب أن تفهم طبقة التحكم في النفاذ إلى الوسائط (MAC) لمطراف المشترك أولوية المعلومات في الرتل وتمررها إلى الطبقة الأعلى. وإذا كان المشترك يرغب في إرسال بيانات ذات أولوية متقدمة، فيجب أن تحدد طبقة التحكم في النفاذ إلى الوسائط أولوية المعلومات في الرتل.

وعندما يكون مطراف المستقبل مصدراً لبيانات ذات أولوية عالية، فقد يلزم توفر وظيفة التفاوض مع مخدم السياسة، أو المسيِّر، أو محطة الأساس من أجل حجز عرض النطاق اللازم للبيانات.

4 آلية التحكم في رتبة الخدمة لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت باستخدام نظام تحكم موزَّع

1.4 توزيع نطاق بروتوكول CSMA/CA من أجل دعم ضوابط رتبة الخدمة

تستخدم الطرائق القائمة على CSMA على نطاق واسع كآلية موزعة لطبقة التحكم في النفاذ إلى الوسائط في بيئة LAN. ويستخدم نظام LAN اللاسلكي IEEE 802.11 بروتوكول CSMA/CA كطريقة أساسية للنفاذ. ويوفر بروتوكول CSMA/CA فرصاً متساوية لنقل البيانات إلى المحطات مع عدم النظر في أولوية البيانات. ولدعم ضوابط رتبة الخدمة، يجب أن يعدل بروتوكول CSMA/CA لإجراء التفاضل بين البيانات مع مراعاة أولوية إرسال البيانات. وتحديد أولوية البيانات بتغيير إجراء فترة الانتظار لبروتوكول CSMA/CA. ويرد شرح موجز لبروتوكول CSMA/CA الأصلي والمعدل في الفقرة التالية.

2.4 بروتوكول CSMA/CA الأصلي

في بروتوكول CSMA/CA يقوم كل من محطة الأساس والمشترك باستشعار القناة بصفة مستمرة لمعرفة ما إذا كانت القناة متاحة. وتعتبر القناة خاملة إذا لم تكتشف المحطة وجود إشارة خلال فترة زمنية معينة تسمى المسافة بين الأرتال المتعلقة بوظيفته التنسيق الموزع (DIFS).

وعندما تصل البيانات إلى المحطة، فإنها تبدأ على الفور بإرسال البيانات إذا استشعر أن القناة خاملة. أما إذا كانت القناة مشغولة في وقت الوصول، فإن المحطة تنفذ أسلوب الانتظار بمجرد أن تصبح القناة خاملة من أجل تفادي الاصطدام. وفي أسلوب فترة الانتظار، تولد المحطة التي تكون جاهزة لإرسال البيانات فترة انتظار عشوائية قبل الإرسال عن طريق توليد رقم عشوائي N من المدى المحدد. وعندئذ ذلك تبدأ المحطة في تقليل فترة الانتظار. ويتناقص الرقم العشوائي في كل فترة تسمى "زمن الفجوة". وتبدأ المحطة إرسال الرتل عندما يصبح فترة الانتظار له صفراً. وإذا أصبحت القناة مشغولة مرة أخرى قبل أن يصل الرقم إلى صفر، فإن المحطة تتوقف عن تقليل فترة الانتظار وتنتظر حتى تصبح القناة خاملة. وعندما تصبح القناة مشغولة مرة أخرى، تبدأ المحطة مرة أخرى في تقليل ما تبقى من فترة الانتظار الخاص بها.

وتقوم أي محطة استقبلت رتل بيانات بصورة صحيحة بإرسال إشعار بالاستلام إلى المرسل خلال فترة محددة تسمى المسافة الزمنية القصيرة بين الأرتال. فإذا لم يتلق المرسل إشعاراً بالاستلام في غضون فترة محددة، يقوم بإرسال رتل البيانات السابق.

3.4 البروتوكول المعدل للنفاذ المتعدد لاستشعار الموجة الحاملة مع تجنب الاصطدام CSMA/CA من أجل مفاضلة الخدمة

في البروتوكول المعدل CSMA/CA، يفترض أن لكل محطة أساس لها صفان على الأقل للحد الأقصى الممكن للحركة. ولكل صف أولوياته الخاصة به فيما يتعلق بإرسال البيانات وتناظر الأولوية رتبة الخدمة. وتوصف خوارزمية البروتوكول CSMA/CA المعدل بافتراض وجود رتبتين للخدمة للحد الأقصى الممكن للإرسال. وتسمى رتبة الخدمة ذات الأولوية الأعلى في نقل البيانات الرتبة ذات الأولوية العليا وتسمى الخدمة ذات الأولوية المنخفضة رتبة الأولوية المنخفضة.

ومن أجل مفاضلة الخدمة، تعدل خوارزمية فترة الانتظار لبروتوكول CSAMA/CA على النحو المبين في الشكل 9. وفي بروتوكول CSMA/CA المعدل، تستخدم المحطات أزمنة فجوات تختلف باختلاف رتبة الخدمة. وفي الشكل 9، يجرى تبادل البيانات في الرتب العالية بين محطة الأساس والمشترك 1 وتحدد قيمة زمن الفجوة التي تستخدمها هذه المحطات في خوارزمية فترة الانتظار عن T_A. وبالمثل، تجري محطة الأساس والمشترك 2 تبادل بيانات بينهما في الرتبة ذات الأولوية المنخفضة وتحدد قيمة زمن الفجوة عند T_B. وكما يتضح من الشكل 9، فإن T_A أصغر من T_B. وباستخدام قيم مختلفة لزمن الفجوات تميل البيانات ذات الأولوية المتقدمة إلى أن ترسل بتواتر أكبر من التواتر الذي ترسل به البيانات ذات الأولوية المنخفضة، ومن ثم، تنعكس أولوية رتبة الخدمة في عدد محاولات الإرسال لكل رتبة خدمة.

ولمحطة الأساس صفان للإرسال يناظران رتبة الخدمة للبيانات. وهي تنفذ أسلوب CSMA/CA بصورة مستقلة لكل صف إرسال. وترسل محطة المشترك بيانات في رتب الخدمة التي تحددها محطة الأساس. ونتيجة لذلك، يتحقق تفاضل الخدمة على أساس رتبة الخدمة.

4.4 التحكم في رتبة الخدمة على أساس وظيفة التنسيق الموزعة المعززة في نظام النفاذ اللاسلكي الثابت

1.4.4 تراث وظيفة التنسيق الموزعة

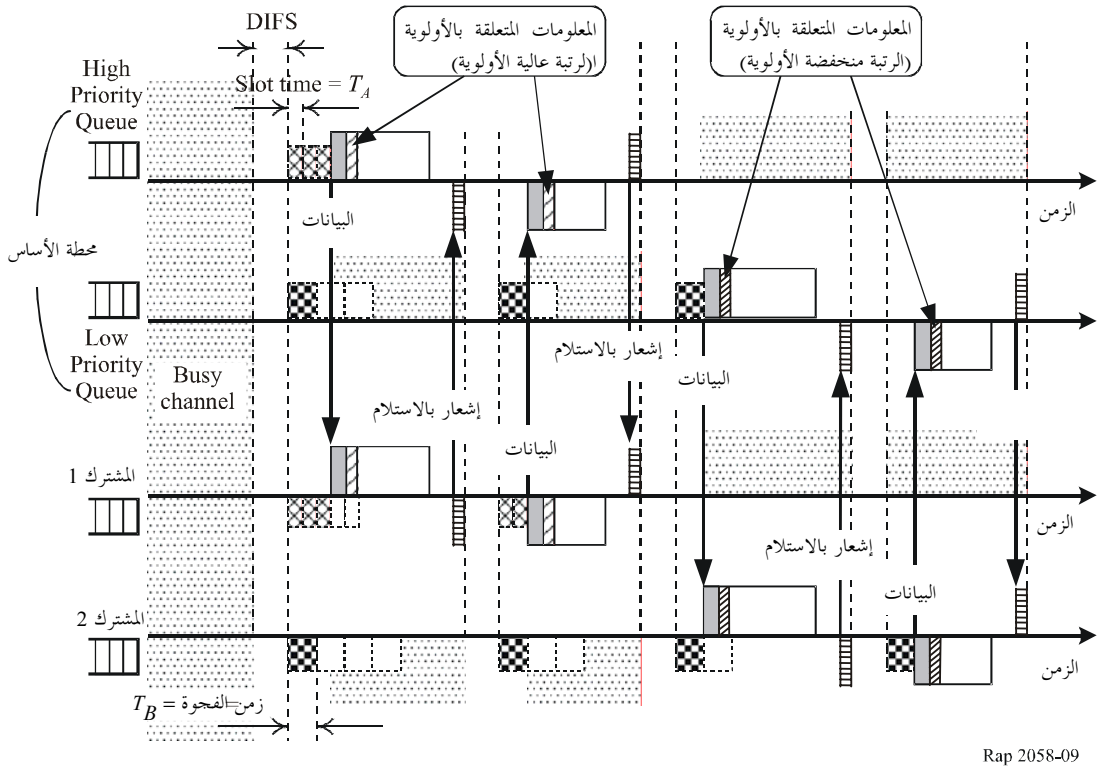
أسلوب النفاذ إلى القناة الأساسية لأنظمة IEEE 802.11 اللاسلكية هو وظيفة التنسيق الموزعة التي تعرف باسم CSMA/CA المبينة في الشكل 10. ويتيح بروتوكول CSMA/CA فرصاً متكافئة لإرسال البيانات إلى المحطات الجاهزة لأن تفعل ذلك مع عدم النظر في البيانات المتعلقة بالأولوية. وفي بروتوكول CSMA/CA، ترسل الأرتال بأسلوب موزع.

وتقوم أي محطة توشك على إرسال بيانات باستشعار القناة قبل الإرسال. وتعتبر القناة خاملة إذا لم تكتشف موجة حاملة لفترة تزيد عن زمن استشعار الموجة الحاملة DIFS. وتبدأ المحطة الإرسال على الفور إذا كانت القناة خاملة، فإذا لم تكن القناة خاملة، تقوم المحطة بتنفيذ إجراء الارتداء بمجرد أن تصبح القناة خاملة وتولد عدداً عشوائيا لموقّت الارتداء. فإذا استمرت القناة خاملة، تقلل المحطة موقّت الارتداء على فترات معينة، تسمى "زمن الفجوة"، في إطار نافذة التزاحم CW، وترسل البيانات عندما تصل قيمة موقّت فترة الانتظار إلى صفر.

وتقوم المحطة التي تنجح في استقبال رتل بإرسال إشعار بالاستلام ACK إلى زمن SIFS للمرسل بعد الاستقبال. ويقوم مرسل أرتال البيانات بإعادة إرسال الرتل إذا لم يتلق إشعارا بالاستلام خلال فترة زمنية محددة.

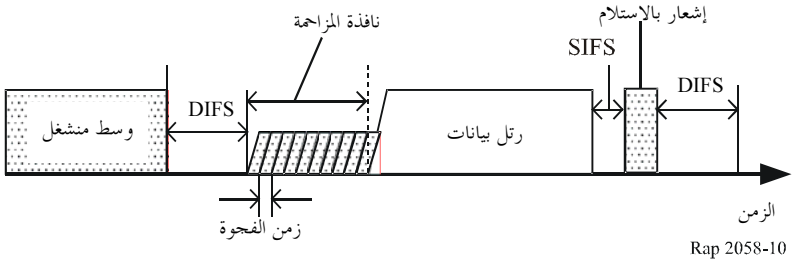
الشكل 9

مفاضلة الخدمة باستخدام بروتوكول CSMA/CA المزود بأولويات للإرسال



الشكل 10

مثال لقناة IEEE 802.11

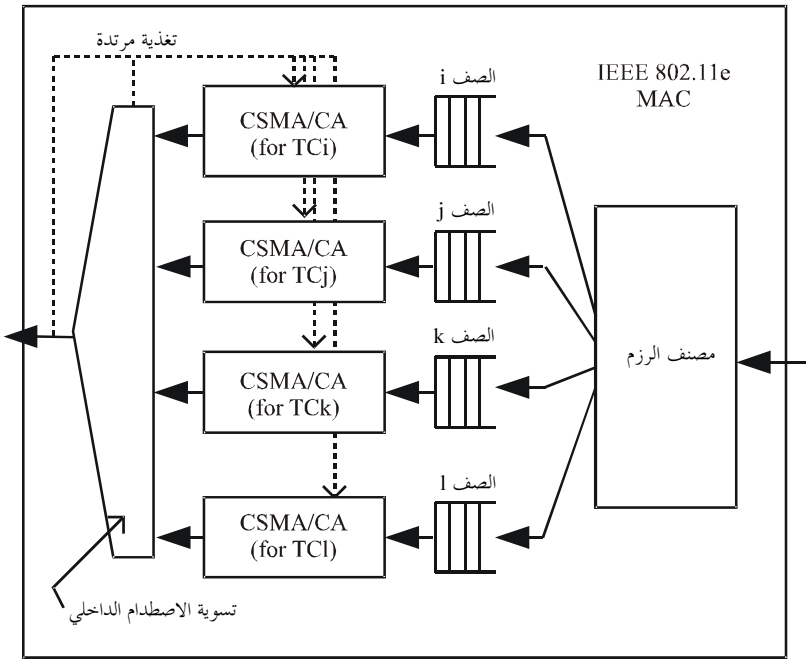


2.4.4 وظيفة التنسيق الموزعة المعززة (EDCF)

وظيفة التنسيق الموزعة المعززة هي آلية CSMA/CA المعدلة. وفي وظيفة التنسيق الموزعة المعززة، تصنف أرتال البيانات على ألا يتجاوز ثمان من فئات الحركة (TC) حيث يكون عدد TC مطابقاً للعدد المحدد في الملحق H من IEEE 802.1D. ويبين الشكل 11 هيكل محطات IEEE 802.11TGe MAC. وتحتوي محطات EDCF ما لا يزيد عن ثماني صفوف إخراج محددة الأولويات، واحداً لكل فئة حركة (TC)، وعندما تبدأ محطة EDCF بإرسال رتل البيانات، تتنافس بعض صفوف الخرج مع بعضها على فرصة إرسال رتل بيانات باستخدام أسلوب EDCF. ويوفر بروتوكول EDCF نفاذاً مرتباً CSMA/CA إلى الوسط اللاسلكي لصفوف الخرج المحدد الأولويات ويقوم بمفاضلة الخدمة مراعياً أرتال البيانات ذات الأولوية. وفي EDCF، يتحقق مفاضلة الخدمة باستخدام طريقتين للتحكم في الأولوية يرد وصفهما أدناه.

الشكل 11

IEEE 802.11e MAC



3.4.4 خوارزمية فترة الانتظار

يرتكز أسلوب فترة الانتظار على خوارزمية ثنائية لفترة الانتظار. ووقت فترة الانتظار يساوي زمن الفجوة مضروباً في عدد عشوائي. وفي أسلوب فترة الانتظار، تولد المحطة رقماً عشوائياً من توزيع منتظم يتراوح بين 0 وقيمة نافذة التزاحم CW. وفي كل مرة تقوم فيها المحطة بإعادة إرسال الرتل، تأخذ CW قيماً متتابعة تصاعدية عددية صحيحة مرفوعة إلى 2، ناقص 1، حتى تصل قيمة CW إلى القيمة القصوى لها WCmax وبمجرد أن تصل CW إلى CWmax، تظل قيمتها عند CWmax إلى أن يتم تغييرها مرة أخرى.

وفي أسلوب EDCF، تحسب المحطة CW وتحافظ عليها لكل ترتيب محدد الأولويات، أي لكل صف: queue i: 0~Cwi، queue j: 0~CWj. فإذا كانت أولوية الصف i أعلى من الصف j، تعطي CWi قيمة تقل عن CWj. وتتحقق عملية المفاضلة باستخدام هذا الأسلوب.

4.4.4 الفضاء بين الأرتال المتعلق بالتحكيم (AIFS)

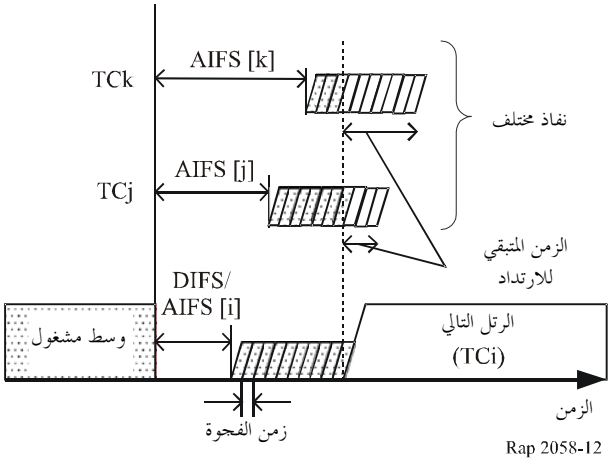
في تراث أسلوب CSMA/CA، تعتبر القناة خاملة إذا لم تكتشف موجة حاملة لأكثر من DIFS. ويستخدم الإجراء EDCF الأسلوب AIFS بدلاً من DIFS على النحو المبين في الشكل 12. فإذا كانت أولوية الصف i أكبر من أولوية الصف j، تكون AIFS[i] أقصى من AIFS[j]. ويتحقق التحكم في أولوية بعض فئات الحركة باستخدام هذا الأسلوب.

5.4 مثال لرتبة الخدمة CoS (IEEE 802.1D Annex H2)

في الأنظمة القائمة على الإنترنت، تدرس ثمانية مستويات من نوعيات الخدمة في IEEE 802.1D Annex H2 وتربط كل نوعية خدمة بأولوية للمستعمل. وترد المعلومات المتصلة بأولوية المستعمل في حقل العنوان المطول في رتل MAC. وفي هذا الأسلوب، يتم دعم كل من رتبة الخدمة المحددة الأولوية ورتبة الخدمة المحددة بمعلمات. وكما في الجدول 3، فإن أولويات المستعمل 4 و5 و6 تكون رتب خدمة محددة المعلمات وتكون الأولويات الأخرى هي رتب خدمة محددة الأولويات.

الشكل 12

آلية التحكم في الأولوية باستخدام AIFS



الجدول 3

أولويات المستعمل وفئات الحركة في IEEE 802 LANs

أولوية المستعمل	نمط الحركة	الوصف
1	الخلفية الطبيعية (BK)	النقل بالجملة والأنشطة الأخرى المسموح بها على الشبكة والتي لا ينبغي أن تؤثر على استخدام الشبكة من جانب مستعملين آخرين وتطبيقات أخرى
2	احتياطية	
0 (بالتغيب)	أفضل جهد ممكن (BE)	حركة الشبكة المحلية، كما نعرفها الآن
3	جهد ممتاز (EE)	خدمات من النمط ذي الحركة القصوى تؤديها هيئة لخدمات المعلومات إلى أهم عملائها
4	حمْل محكوم الضوابط (CL)	تطبيقات مهمة في مجال الأعمال خاضعة لشكل من أشكال "السيطرة على الدخول" وهي أن التخطيط المسبق لمتطلبات الشبكة عند أحد الأطراف من أجل حجز عرض النطاق لكل دفقة في وقت التدفق تبدأ عند الطرف الآخر.
5	فيديو (VI)	تأخير يقل عن 100 ms
6	صوت (VO)	تأخير يقل عن 100 ms، ومن ثم أقصى حد من الارتعاش (إرسال باتجاه واحد)
7	التحكم في الشبكة (NC)	من أجل المحافظة على البنية الأساسية للشبكة وتعزيزها

والكثير من المنتجات الموجودة في الأسواق تدعم هذه الآلية باستخدام آلية اصطفاف بالأولوية قبل الترتيب العادل المرجح (WFQ) وحلقة إدراج دوارة مرجحة (WRR).

ويشير IEEE 802.1D Annex H2 إلى آلية تقابل بين أنماط ورتب الحركة بحسب عدد الصفوف التي يحتوي عليها الجهاز ويبين الجدول 4 نظام التقابل في ذلك المعيار.

الجدول 4

مقابلة نمط الحركة برتبة الحركة

عدد الصفوف	نمط الحركة
1	{BK, BE, EE, CL, VI, VO, NC}
2	{BK, BE, EE}, {CL, VI, VO, NC}
3	{BK, BE, EE}, {CL, VI}, {VO, NC}
4	{BK}, {BE, EE}, {CL, VI}, {VO, NC}
5	{BK}, {BE, EE}, {CL}, {VI}, {VO, NC}
6	{BK}, {BE}, {EE}, {CL}, {VI}, {VO, NC}
7	{BK}, {BE}, {EE}, {CL}, {VI}, {VO}, {NC}

5 آلية لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت باستخدام مخطط للتحكم المركزي

1.5 مقدمة

في الآونة الأخيرة، أصبح التحكم في نوعية الخدمة من التكنولوجيات المهمة لدعم الحركة المتعددة الوسائط في شبكات بروتوكول الإنترنت. فعن طريق التحكم في نوعية الخدمة، يمكن أن يوفر النظام مستويات مختلفة من نوعية الاتصالات بحسب متطلبات المستعمل. ولتحقيق نوعية الخدمة يحتاج النظام إلى آليات معقدة مثل حجز عرض النطاق/التوزيع والتحكم في القبول، والتحكم في السياسية، والوساطة المتعلقة بعرض النطاق.

والنظام المركزي ملائم لنوعية الخدمة. فهو يؤدي وظيفة الجدولة لتخصيص عرض النطاق في محطة الأساس.

ويخصص عرض النطاق على أساس تطبيقات مثل الهاتف، والبريد الإلكتروني، والفيديو، إلخ. ونظراً لاختلاف عروض النطاقات ومتطلبات المهلة لهذه التطبيقات، تقوم محطة الأساس بإعداد ثلاث رتب لنوعية الخدمة. ويقدم المثال الوارد في الفقرة 2.5 مواصفات لرتبة نوعية الخدمة في أنظمة لاسلكية – بعد ذلك تقدم الفقرة 3.5 وظيفة الجدول لتخصيص عرض النطاق في محطة الأساس.

2.5 مثال لرتبة نوعية الخدمة في نظام لاسلكي

يتضمن الجدول 5، مثالاً لرتبة نوعية الخدمة لنظام لاسلكي يستخدم مخطط التحكم المركزي.

الجدول 5

مثال لرتبة نوعية الخدمة في أنظمة لاسلكية تستخدم مخطط التحكم المركزي

رتبة نوعية الخدمة	معدل بتات ثابت/معدل بتات مضمون/معدل بتات غير محدد	طلب التكرار أوتوماتياً	مثال للخدمة
1	GBR or UBR	With	E-mail, FTP
2	CBR	With	Image
3	CBR	No	Telephone, real-time image

توفر الرتبة 1 خدمة بمعدل بتات مضمون (GBR) أو معدل بتات غير محدد (UBR)، ويضمن ذلك الحد الأدنى من تخصيص عرض النطاق لمحطة مشترك مع المحافظة على أعلى معدل حركة من الاتصالات. وتضمن هذه الرتبة توفر حد أدنى معين من عرض النطاق حتى عند تجمع حركة من مستعملين عديدين.

وتوفر الرتبتان 2 و3 خدمة بمعدل بتات ثابت بحسب إعلان المستعمل. وهما مناسبتان لتلقي خدمات صور في الوقت الحقيقي. ولا تستعمل الرتبة 3 أسلوب النقل غير المتزامن في محاولة للتقليل إلى أدنى حد ممكن من تأخر نقل البيانات.

3.5 حساب عرض النطاق الفعلي للخدمات المختلفة

نظراً لأن الخدمات المختلفة تختلف في طبيعتها، وتناظر متطلبات عروض نطاق مختلفة، ينبغي أن يتوفر نظام للتمييز بين رتب الخدمات المختلفة ولتعزيز طرائق تخصيص عرض النطاق لكل خدمة. وطريقة تحقيق ذلك معينة أدناه بالتفصيل. أولاً، ينبغي تصنيف الخدمات إلى عدة أنواع بحسب صفاتها مثل متطلبات المهلة أو متطلبات الأولوية. ثانياً، لكل نوع من أنواع الخدمة،

تطبق معادلة مناظرة لحساب عرض النطاق الفعلي الخاص بالخدمة، والذي يتضمن متطلبات نوعية الخدمة للخدمات. وأخيراً، يخصص النظام عرض النطاق الناتج لكل نوع من الخدمة وبهذه الطريقة، يمكن تحقيق نوعية الخدمة للخدمات في نظام مركزي للنفاذ اللاسلكي الثابت.

وتتمثل إحدى الخصائص النمطية لحركة بيانات الرزم في التشتت، وتعرف عرض النطاق الفعلي هنا من أجل تحديد خصائص كمية الموارد العامة المستخدمة في حركة بيانات الرزم. وإضافة إلى ذلك، من الضروري أيضاً لتحديد متوسط عرض النطاق وعرض النطاق الأقصى. وفي أثناء نقل البيانات المتعلقة بنوع معين من الخدمة، ينبغي أن يُعدِّل النظام عرض نطاق الإرسال بصورة دينامية، ثم يقيِّم نوعية الإرسال بالحصول على معلمات من قبيل التأخر، ونسبة الخطأ في البتات، إلخ. وينبغي أيضا أن يكون الحكم الشخصي للمستعمل أحد المعايير للحصول على متوسط عرض النطاق. وإذا كانت البيانات الواردة مقبولة بالكاد، فإن عرض النطاق المطلوب عندئذ يساوي متوسط عرض النطاق. وإذا لم يتيسر تحقيق تحسن ملموس في الأداء مع زيادة عرض النطاق، فإن عرض النطاق المناظر يكون هو عرض النطاق الأقصى.

والطابع التشتتي لبيانات الرزم قد يؤدي إلى خسائر ممكنة أثناء الأحمال الزائدة المؤقتة. ومن ثم، ينبغي أن تحجز محطة الأساس أكبر قدر ممكن من الموارد لتحقيق أفضل أداء. ومن جهة أخرى ينبغي للمشغلين أن يكونوا راغبين في تحقيق استخدام الموارد المتاحة بكفاءة وتفادي توزيع عرض زائد عن اللازم لمستعمل واحد. ومن أجل زيادة كفاءة استخدام الموارد، اقترحت طريقة لحساب عرض النطاق الفعلي في الجزء التالي ويرد بيان لها مطبق على أربع خدمات.

خدمة المحادثة

الصفات الأساسية لهذه الرتبة هي انخفاض التأخر وقلة الارتعاش (تغير التأخر)، ودرجة معقولة من الوضوح، وغياب الصدى. ومن الضروري أيضاً في حالة الوسائط المتعددة المحافظة على توقيت نسبي لمختلف تدفقات الوسائط.

وباعتبارها خدمة ذات معدل بتات ثابت، فإن صبيبها الأقصى يكون مماثلا لمتوسط الصبيب، ويمكن حساب نطاقها الفعلي باستخدام المعادلة التالية:

$$Bandwidth_{effective} = Th_{average} + \varphi * (TH_{max} - TH_{average}) \quad (1)$$

حيث:

$Bandwidth_{effective}$: عرض النطاق الفعلي للخدمة

$Th_{average}$: متوسط عرض نطاق الخدمة

TH_{max}: عرض النطاق الأقصى للخدمة

وتتصل φ من 0 إلى 1 بمتطلب تأخر الخدمة ويقررها المشغل. وكلما قل التأخر المحتمل (قيمة يتم التفاوض بشأنها) أو كلما زاد تواتر تشتت الحركة، تقرر زيادة قيمة φ مما يعني أنه مطلوب المزيد من الموارد المحجوزة وأنه يمكن زيادة الموثوقية على نوعية الخدمة. وبعبارة أخرى، تتحقق درجة عالية الموثوقية عن طريق التضحية بعدد المستعملين المقبولين في نفس الوقت. وبطبيعة الحال، إذا كان متوسط الصبيب المطلوب مساوياً للصبيب الأقصى ألا تستعمل φ بعد ذلك كما في خدمة المخاطبة، ويمكن تبسيط المعادلة 1 لتأخذ شكل المعادلة (2).

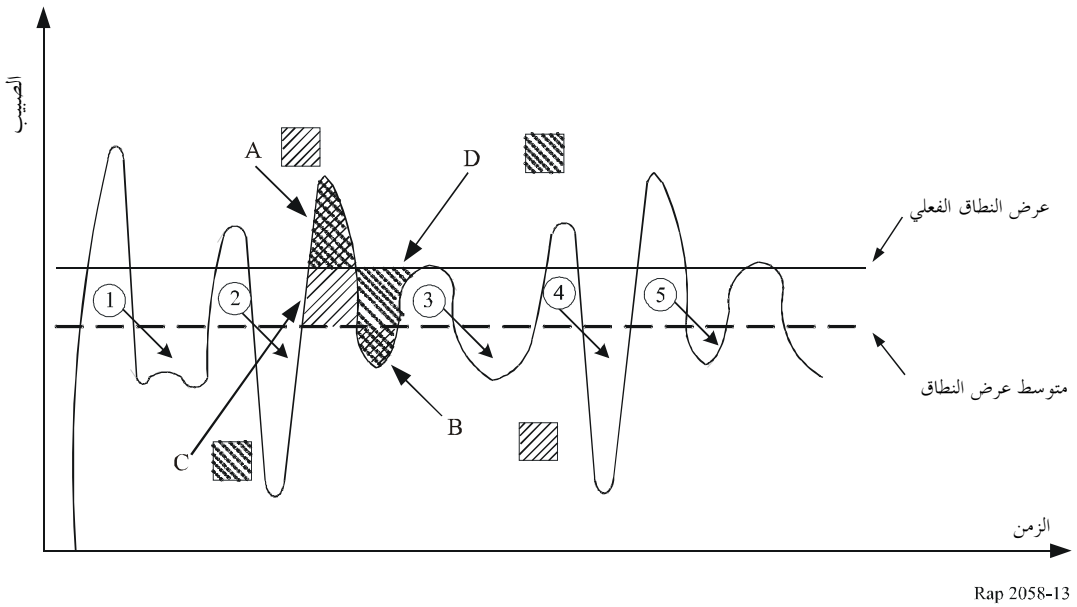
$$Bandwidth_{effective} = Th_{average} = TH_{max} \quad (2)$$

وترد أدناه منافسة لكيفية اختيار قيمة صحيحة لـــ φ وكما يتضح من الشكل 13، تميز حركة بيانات الرزم التشتتية والعشوائية. وإذا حدد متوسط الصبيب باعتباره عرض النطاق الفعلي فإنه يمكن نقل جزء كبير من البيانات خلال فترة قصيرة بدرجة كافية، حتى لو كان المعدل العابر أعلى من عرض النطاق الفعلي. غير أنه لا يمكن إرسال القمة 1 والقمة 5 في الوقت

المناسب وتسببان ازدحاماً أو ترفضان مما يؤثر على أداء النظام. ومن ثم فإن عرض النطاق الفعلي في هذه الحالة الذي يكون أكبر من متوسط عرض النطاق ينبغي أن يختار للخدمات التي يحدث فيها التشتت بتواتر كبير أو التي تكون ذات أولوية عالية.

الشكل 13

عرض النطاق الفعلي ومتوسط عرض النطاق



خدمة التدفق

تتألف رتبة التدفق من تطبيقات في الوقت الحقيقي ترسل معلومات إلى المشاهد أو المستمع، ولكن دون أن يكون هناك أي استجابة بشرية. ومن أمثلة ذلك الفيديو عند الطلب، وتدفقات الأخبار، والإرسال المتعدد.

ونتيجة لغياب التفاعل، لا يكون هناك حاجة إلى تأخر منخفض بالمعنى الحرفي للتعبير، ولكن تظل متطلبات انخفاض الارتعاش وتزامن الوسائط قائمة. وخلافاً لخدمة الصوت، فإن خدمة التدفق ليست خدمة ذات معدل بتات ثابت (CBR) كما أن قيمة صبيبها الأقصى تكون عادة أكبر من رقم متوسط صبيبها. وينبغي حساب عرض النطاق الفعلي لخدمة التدفق باستخدام المعادلة التالية:

$$Bandwidth_{effective} = Th_{average} + \varphi * (TH_{max} - TH_{average}) \quad (3)$$

وتعاريف معلمات المعادلة (3) هي ذاتها تعاريف معلمات المعادلة (1) ولا يتغير معدل مثل هذا النوع من الخدمة كثيراً بحيث يمكن تعيين φ بصفة أولية بالاستناد إلى الرتبة الأولوية وبالنسبة لقيم φ الأخرى، يمكن تبسيط المعادلة (3) على النحو التالي:

$$Bandwidth_{effective} = Th_{average} \quad \text{من أجل } \varphi = 0 \quad (4)$$

$$Th_{average} < Bandwidth_{effective} < TH_{max} \quad \text{من أجل } 0 < \varphi < 1 \quad (5)$$

$$Bandwidth_{effective} = TH_{max} \quad \text{من أجل } \varphi = 1 \quad (6)$$

الخدمة التفاعلية

تغطي هذه الرتبة مجموعة كبيرة من الخدمات التي قد تختلف كثيراً عن بعضها البعض في شرطي الصبيب والتأخر، مثل بعض الألعاب، واستطلاع الرأي عن طريق نطاق إدارة الشبكة للحصول على إحصاءات، والأشخاص الذين يتصفحون الويب أو قواعد البيانات بنشاط. والحاجة إلى التأخر عاجلة بقدر ملائم للأنشطة البشرية ولكنها ليست ببطئ رتب المخاطبة.

وعلى ذلك، فإن حجز عرض نطاق موحد لجميع أنواع الخدمات التفاعلية من شأنه أن يقلل من استخدام الموارد الراديوية. ولذا ينبغي عند حساب عرض النطاق الفعلي دراسة المزيد من العوامل، من قبيل رتبة الأولوية، ورتبة الموثوقية، وكذلك التشتت. عندئذ يمكن تقدير عرض النطاق الفعلي للخدمات التفاعلية عن طريق المعادلة التالية:

$$Bandwidth_{effective} = \theta_1 * \theta_2 * Th_{average} + \theta_1 * \theta_2 * \varphi * (TH_{max} - TH_{average}) \quad (7)$$

حيث θ_1، التي تأخذ القيم من 0 إلى 1، هي المعلم المستند على رتبة الأولوية، و θ_2 التي تأخذ القيم من 0 إلى 1، هي المعلم المستند إلى رتبة الموثوقية. وينبغي أن يتم اختيار القيمتين المشار إليهما أعلاه بقرار من المشغل.

الخدمة الأساسية

تغطي الخدمات الأساسية جميع التطبيقات التي تتلقى بيانات بصورة انفعالية أو تطلبها بنشاط، ولكن دونما حاجة مباشرة إلى تناول البيانات. ومن أمثلة ذلك البريد الإلكتروني ونقل الملفات.

والخدمات الأساسية ليست حساسة للتأخر، ومن ثم يمكن تحديد مستويات عديدة لمتوسط الصبيب أو عرض النطاق الفعلي R_i، بحسب حالة المورد لنظام النفاذ اللاسلكي الثابت، بعد ذلك يمكن اختيار عرض النطاق الفعلي لخدمة من الخدمات بواسطة رتبة أولوية الخدمة.

$$BW_{effective} = \begin{cases} R_1 \text{ (Priority 1)} \\ R_2 \text{ (Priority 2)} \\ R_3 \text{ (Priority 3)} \end{cases} \quad (8)$$

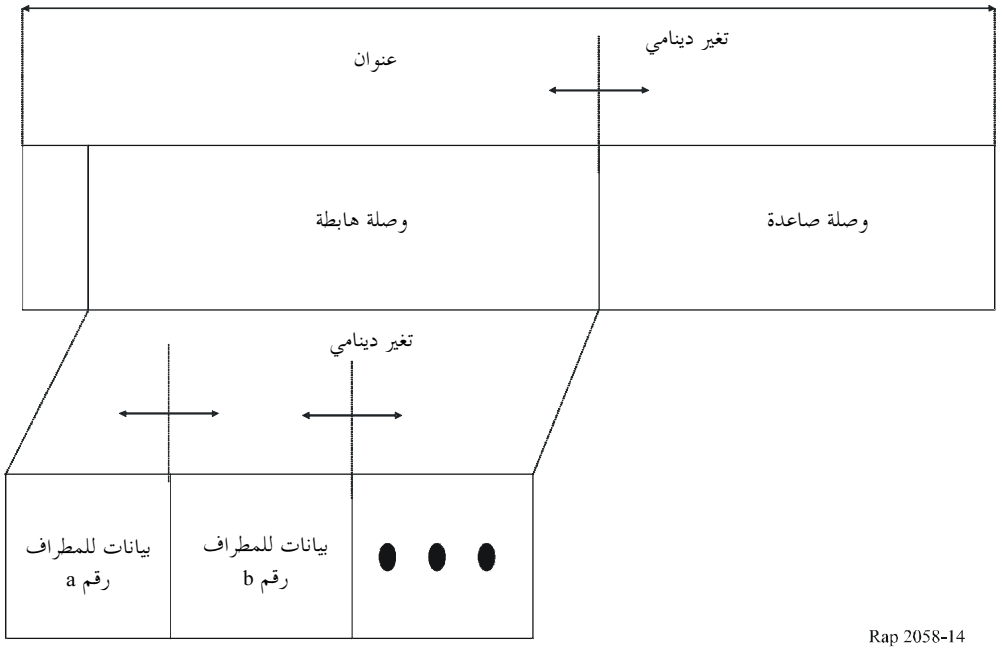
4.5 وظيفة تحديد مواعيد تخصيص عرض النطاق في محطة أساس

1.4.5 التخصيص الدينامي للفجوة (DSA)

تخصص أي محطة أساس تستخدم مخطط التحكم المركزي عرض نطاق معين لكل وصلة بينهما وبين محطات المشتركين. والمواقع أن محطة الأساس تخصص دينامياً فجوة زمنية لنفاذ الإرسال المتعدد بتقسيم الزمن (TDMA) لرتل طبقة مراقبة النفاذ إلى الوسائط (MAC) بحيث يمكن للنظام أن يتناول بصورة تكييفية البيانات اللاتناظرية بين الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة أو بيانات حركة الرشقة. وتسمى هذه الطريقة للنفاذ التخصي الدينامي للفجوة (DSA). ويبين الشكل 14 تشكيل رتل طبقة مراقبة النفاذ إلى الوسائط (MAC) لنظام TDMA-TDD/DSA. وتتغير بصورة دينامية نسبة تخصيص القناة من بيانات الوصلة الهابطة على الوصلة الصاعدة وبيانات المطاريف الفردية وفقاً لظروف الحركة.

الشكل 14

نموذج تشكيل رتل طبقة مراقبة النفاذ إلى الوسائط (MAC)
لنظام TDM-TDD/DSA

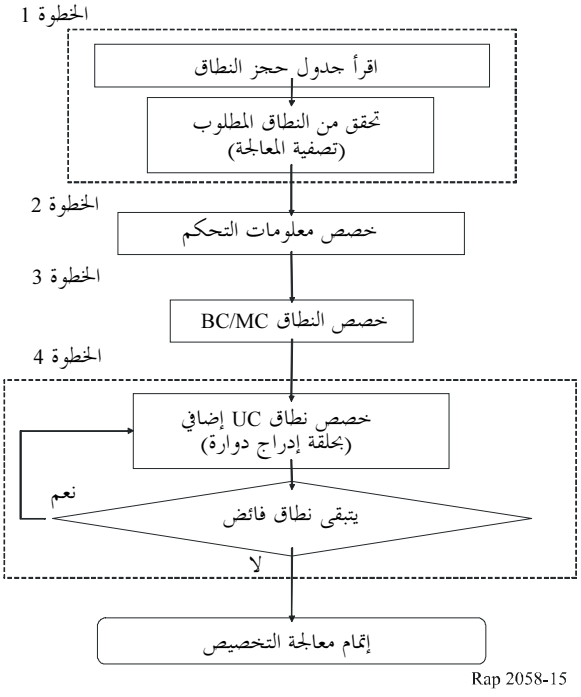


2.4.5 التحكم في تخصص عرض النطاق عن طريق المجدول

يقوم مجدول في محطة أساس بتخصيص عرض النقاط للوصلة الفردية بين محطات المشتركين وفقاً للخطوات المبينة في الشكل 15.

الشكل 15

التحكم في تخصيص عرض النطاق بواسطة بيانات معلومات المجدول



الخطوة 1: تخصيص عرض النطاق المحجوز

يلزم أن يقوم مجدول في محطة الأساس بإدخال معلومات عرض النطاق المحجوز في جدول حجز عرض النطاق وفقاً لغرض النطاق المطلوب ورتبة نوعية الخدمة لكل وصلة فردية. وفي جدول حجز عرض النطاق، يتم أيضاً إدارة إجمالي عرض النطاق المحجوز في كل رتل. ويخصص المجدول عدد قنوات البيانات لكل رتل على أساس معلومات عرض النطاق المحجوز من مطراف مشترك فردي.

الخطوة 2: تخصيص التحكم

ينبغي أن ترسل معلومات التحكم اللازمة للمحافظة على التوصيل اللاسلكي بالسرعة المطلوبة. ولكفالة إرسال معلومات التحكم هذه، يحدد مجدول في محطة أساس العتبة العليا لعرض النطاق الذي يمكن حجزه بواسطة كل رتل من أجل إرسال معلومات التحكم بشكل ثابت.

الخطوة 3: تخصيص عرض نطاق قناة الإذاعة (BC) والإرسال المتعدد (MC)

إذا تبقى عرض نطاق فائض بعد الخطوتين 1 و2، ينفذ تخصيص عرض نطاق قناة الإذاعة والإرسال المتعدد. وعند تشكيل توصيلات الإرسال المتعدد، يقوم مجدول بحساب العدد الأقصى لقنوات البيانات التي يمكن تخصيصها على أساس عرض النطاق المطلوب لكل توصيلة إرسال متعدد، ثم يخصص عرض النطاق داخل الحد العلوي. فإذا زاد عدد قنوات البيانات المطلوب إرسالها عن الحد العلوي، يعلق المجدول تخصيص عرض النطاق لفترة معينة. وبهذه الطريقة، يمكن أن يكفل المجدول عدم احتكار قناة الإذاعة والإرسال المتعدد لعرض النطاق.

الخطوة 4: تخصيص عرض النطاق الإضافي لكل توصيلة

إذا تبقى عرض نطاق فائض في كل رتل بعد الخطوات من 1 إلى 3، يقوم مجدول بتخصيص عرض النطاق الفائض. بحلقة إدراج دوارة. ولا يعتمد هنا على رتبة نوعية الخدمة ويخصص عرض النطاق على جميع التوصيلات بالتساوي. وهنا يحدد المجدول العتبة العليا لعدد قنوات البيانات التي يمكن إعطاؤها لعرض النطاق الإضافي. وتعلق البيانات التي تزيد عن العتبة ريثما يتم التخصيص التالي بحلقة الإدراج الدوارة. ويحول هذا دون احتكار أي مطراف متنقل لعرض النطاق.

6 مقارنة خصائص نوعية الخدمة لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت باستخدام مخطط تحكم موزع ومخطط تحكم مركزي

يتضمن الجدول 6 مقارنة بين النظامين.

الجدول 6

مقارنة خصائص نوعية الخدمة لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت
باستخدام مخطط تحكم موزع ومخطط تحكم مركزي

	مخطط تحكم مركزي	مخطط تحكم موزع
نموذج نوعية الخدمة	أفضل جهد	توفير ضمان/أفضل جهد
الجدارة	التواؤم مع الإنترنت	1) الحد الأدنى لضمان عرض النطاق 2) تخصيص النطاق التكيفي
أمثلة لأنظمة	IEEE 802.11	ETSI-BRAN HIPERACCESS ETSI-BRAN HiperLANETSI-BRAN HIPERMAN MMAC-HSWA HiSWAN IEEE 802.16-2004

الملحق 2

أمثلة لحساب تأخر بروتوكول متوسط النفاذ وتغير تأخر النفاذ اللاسلكي الثابت القائم على النفاذ المتعدد لاستشعار الموجة الحاملة مع تجنب الاصطدام (CSMA/CA)

1 مقدمة

يقدم هذا الملحق طريقة نظرية لتقدير تأخر بروتوكول النفاذ لشبكة منطقة محلية راديوية RLAN، باستخدام التقنية الخالصة للنفاذ المتعدد لاستشعار الموجة الحاملة مع تجنب الاصطدام CSMA/CA (مع عدم استخدام التحكم في التحكم في النفاذ المعزز مثل النفاذ المعزز إلى القنوات لدعم نوعية الخدمة القائمة على التنازع لوظيفة التنسيق الهجين (HCF)). ويقدم هذا الملحق أيضاً أمثلة تصف نتائج حساب لحالة تدفق رزم قصيرة وحالة تدفق طويلة.

2 تقريبات

يتم الحصول على الصبيب لكل محطة (S_m)، وتأخر بروتوكول النفاذ ($\overline{T_m}$) باستخدام المعادلة التالية:

$$S_m = \frac{L_{ip} \times 8}{\overline{T_m} + SIFS + T_a} \tag{9}$$

$$\overline{T_m} = \sum_{n=0}^{\infty} (1-p_m) p_m{}^n (A + nB) = A + B\frac{p_m}{1-p_m} \tag{10}$$

حيث:

m: عدد المحطات التي تحاول إرسال رزم

L_{ip}: طول رزم بروتوكول الإنترنت (bytes)

T_d: طول رتل البيانات

T_a: طول رتل Ack

وللوصول إلى التقريبات (9) و(10) أعلاه، يفترض ما يلي:

- إذا كانت القناة مشغولة، يُنشأ أي عدد عشوائي في حدود نفس نافذة التنازع (CW_{min}) ويتم بدء موقت فترة الانتظار من جديد.
- إذا حدث تصادم بين الرزم المرسلة ورزم أخرى من محطات أخرى، ينشأ أي عدد عشوائي في حدود نفس نافذة التنازع CW_{min} ويضبط مع موقت فترة الانتظار.

وتبين الفقرتان 3 و4 أدناه نتائج حساب تأخر بروتوكول النفاذ لكل من CSMA/CA (الأنساق 54M، و24M، و6M) وCSMA/CA (11M، الديباجة الطويلة).

3 أمثلة لحساب تأخر الرزم في حالات تدفق الرزم القصيرة

تحسب قيم تأخر إرسال الرزم بافتراض القيام بمحاولات SS متعددة، لإرسال رزم قصيرة الطول متجانسة، مثل رزم النقل المتزامن للصوت باستعمال رزم بروتوكول الإنترنت VoIP في نفس الوقت، ويتضمن الجدول 7 القيم المستعملة للمعلمات.

ويبين الشكل 16 القيم المتوسطة المتوقعة لتأخر بروتوكول النفاذ ($\overline{T_m}$) وتعتمد قيم $\overline{T_m}$ على نسق الإرسال وعدد المحطات التي تحاول إرسال رزم في آن واحد. M. والنقطة المهمة الجديرة بالعناية هنا هي أن النتيجة الواردة في الشكل 16 لا تأخذ

فترة الانتظار الأسية الثنائية BEB في الاعتبار في وقت حدوث الاصطدام. ولهذا السبب، فإن قيم $\overline{T_m}$ الحقيقية ستعاني انحطاطاً أكبر من القيم المحسوبة ولا سيما عندما تصبح قيمة m كبيرة ويزداد الاصطدام.

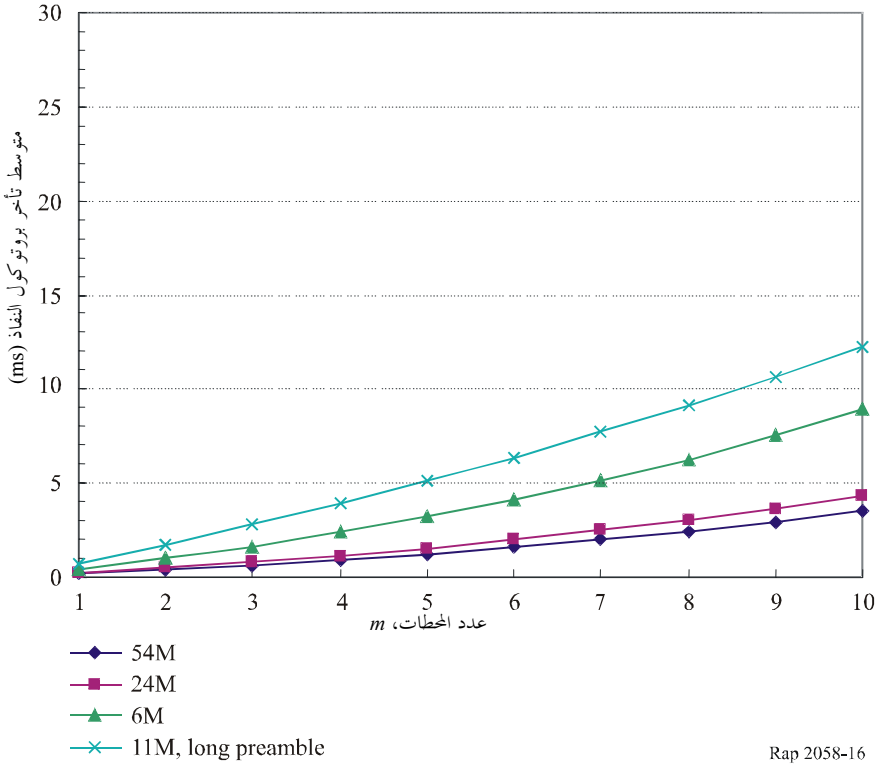
الجدول 7

القيم المستعملة للمعلمات

CSMA/CA (11M mode, long preamble)	CSMA/CA (54M, 24M, 6M mode)	
10	16	SIFS (µs)
50	34	DIFS (µs)
20	9	SlotTime (µs)
31	15	CWmin
200	200	طول الرزمة (bytes)
364	56 (54M) 100 (24M) 340 (6M)	Td (µs)
202	24 (54M) 28 (24M) 44 (6M)	Ta (µs)
None	None	خطأ الانتشار

الشكل 16

متوسط تأخر بروتوكول النفاذ لكل من CSMA/CA (الأنساق 54M، و24M، و6M) (11M، الديباجة الطويلة) مقابل عدد المحطات في محطات تدفق الرزم القصيرة



4 أمثلة لحساب قيم تأخر الرزم في حالات تدفق الرزم الطويلة

قدمت المعادلتان (9) و(10) في حالة محاولة كل محطة إرسال رزم لها نفس الحجم. والنقطة المهمة الجديرة بالعناية هي تأخر بروتوكول النفاذ الذي تعاني منه الرزم القصيرة من قبيل نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت (VoIP) عندما تكون هناك محطات عديدة أخرى تحاول إرسال رزم طويلة، فعندما تحول *m-1* محطة إرسال رزم ذات حجم طويل ومتساوية في الطول وتحاول محطة *واحدة* إرسال رزمة قصيرة في نفس الوقت، ينبغي تعديل المعادلة (10) من أجل حساب التأخر. وفيما يلي المعادلة (10) المعدلة.

$$\overline{T_{m(S)}} = \sum_{n=0}^{\infty} (1-p_m) p_m{}^n \left(A_{(S)} + nB_{(L)}\right) = A_{(S)} + B_{(L)} \frac{p_m}{1-p_m} \tag{11}$$

حيث:

$\overline{T_{m(S)}}$: متوسط تأخر بروتوكول النفاذ لإرسال رزمة قصيرة

$$A_{(S)} = DIFS + CW_{\min} \times SlotTime/2 + T_{d(S)}$$

$$B_{(L)} = T_{d(L)} + SIFS + T_a + DIFS + CW_{\min} \times SlotTime/2$$

m: عدد المحطات التي تحاول إرسال رزم ($= m_{(S)} + m_{(L)}$)

$m_{(L)}$: عدد المحطات التي تحاول إرسال رزم طويلة

$m_{(S)}$: عدد المحطات التي تحاول إرسال رزم قصيرة (=1).

وترد في الجدول 8 قيم المعلمات المستخدمة في المعادلة (11). أما المعلمات الأخرى غير المبنية في الجدول فلها نفس القيم الوارد في الجدول 7.

الجدول 8

قيم المعلمات المستخدمة

CSMA/CA (11M mode, long preamble)	CSMA/CA (54M, 24M, 6M mode)	
200	200	طول الرزم القصيرة (bytes)
1 500	1 500	طول الرزم الطويلة (bytes)
1 309	248 (54M) 536 (24M) 2 072 (6M)	Td (L) (µs)
364	56 (54M) 100 (24M) 340 (6M)	Td (S) (µs)

ويبين الشكل 17 متوسط تأخر بروتوكول النفاذ ($\overline{T_{m(S)}}$) المتوقع لإرسال رزمة قصيرة. وتعتمد قيمة $\overline{T_{m(S)}}$ على نسق الإرسال وعدد المحطات التي تحاول إرسال رزم في نفس الوقت ($m=m_{(S)}+m_{(L)}$, here, $m_{(S)}=1$) وبالمقارنة بالشكل 16 يصبح تأخر بروتوكول النفاذ في الشكل 17 أكبر لأن وقت انشغال القناة بواسطة رزم أخرى يكون أكبر كثيراً.

ويبين الشكلان 18 و19 النسبة المئوية التراكمية للزمن المتعلق بتأخر بروتوكول نفاذ CSMA/CA (النسق 544) وm = 3، و5، و8، على التوالي. ويمكن حساب قيمة 1×10^{-3} التأخر الكمي لبروتوكول النفاذ $T_{m(S),1e-3}$ باستخدام المعادلة التالية:

$$T_{m(S),1e-3} \approx A_{(S)} - B_{(L)}\left(\frac{3}{\log p_m} + 1\right) \quad (12)$$

ويبين الجدول 9 القيم المحسوبة.

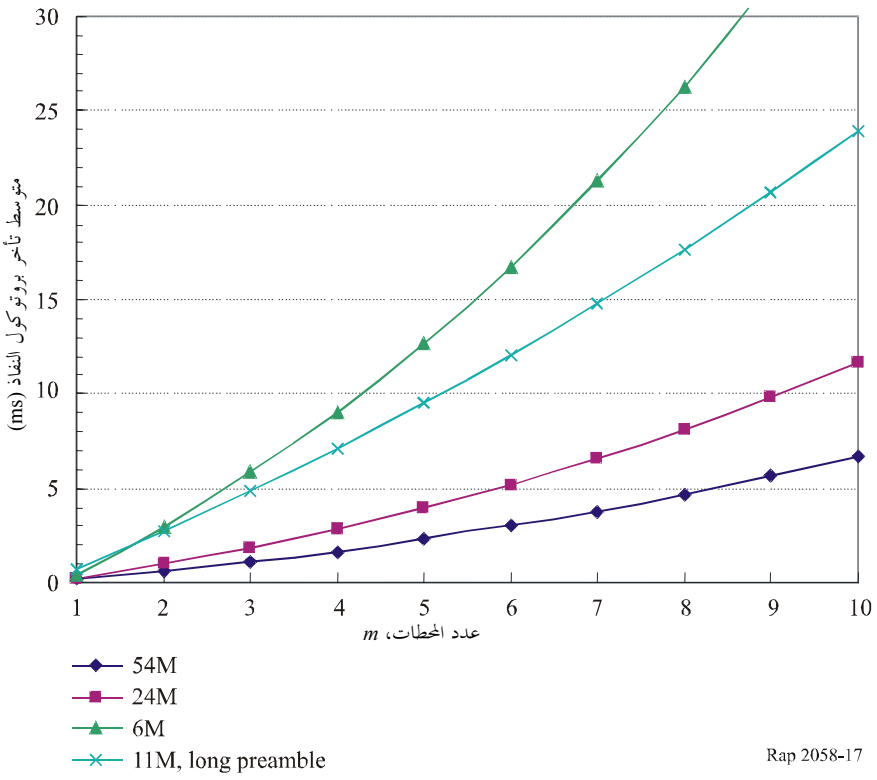
الجدول 9

1×10^{-3} لقيم تأخر بروتوكول النفاذ

	CSMA/CA (54M mode)	CSMA/CA (11M mode, long preamble)	ملاحظات
$3 = m$	ms 7,5	ms 33,5	$m_{(L)} = 2$ ،$m_{(S)} = 1$
$5 = m$	ms 15,8	ms 65,9	$m_{(L)} = 4$ ،$m_{(S)} = 1$
$8 = m$	ms 32,2	ms 122,1	$m_{(L)} = 7$ ،$m_{(S)} = 1$

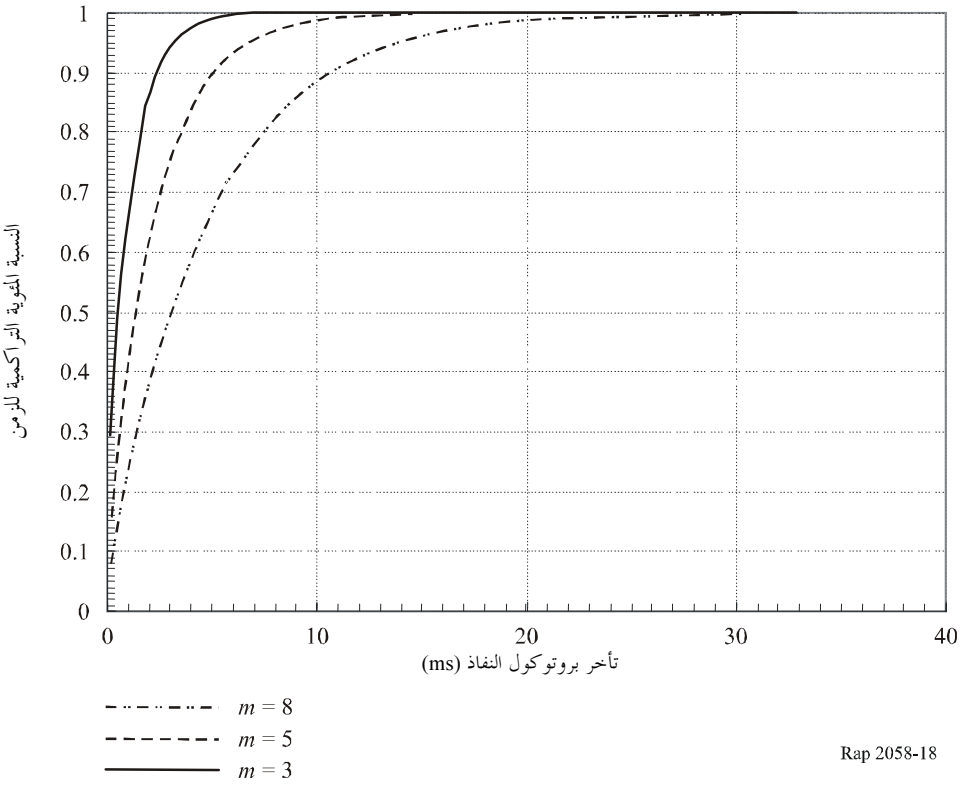
الشكل 17

متوسط تأخر بروتوكول CSMA/CA (الأنساق 54M، و24M، و6M)
وبروتوكول النفاذ CSMA/CA (النسق 11M، الطويل الديباجة)
مقابل عدد المحطات الموجودة في حالة تدفق لرزم طويلة



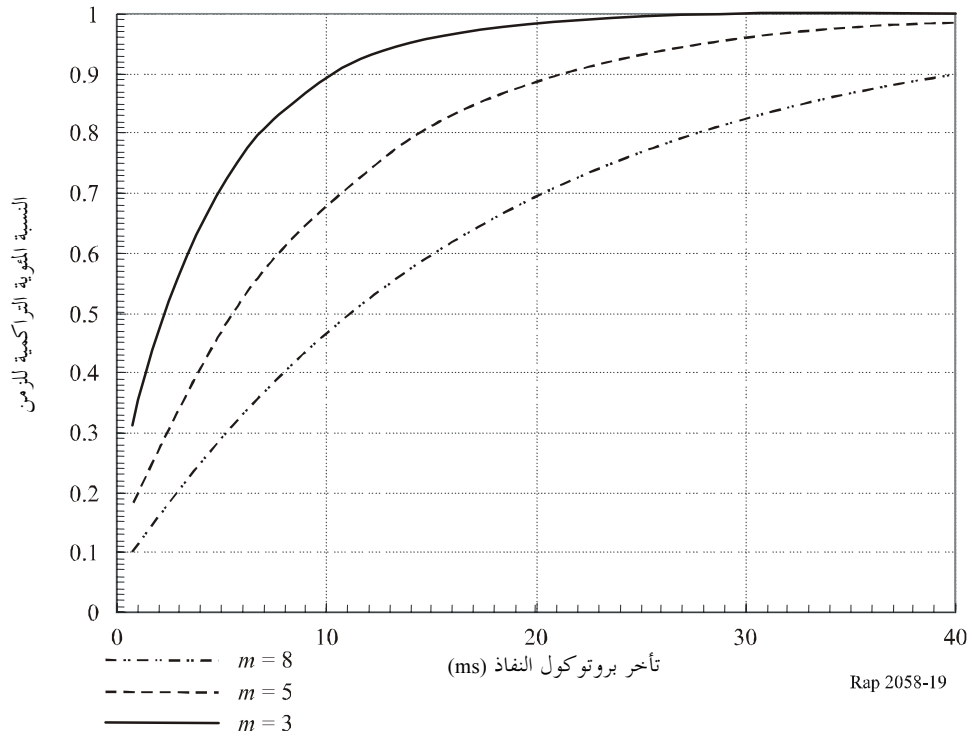
الشكل 18

النسبة المئوية التراكمية لزمن تأخر بروتوكول النفاذ (CSMA/CA، النسق 54M)



الشكل 19

النسبة المئوية التراكمية لزمن تأخر بروتوكول النفاذ (CSMA/CA، 11M، الديباجة الطويلة)



الملحق 3

مثال لحسابات وقت الانتظار الإضافي في حالات متعددة لتدفق نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت من أجل النفاذ اللاسلكي الثابت القائم على نفاذ إرسال متعدد بتقسيم الزمن

يقدم هذا الملحق تقديراً لوقت الانتظار الإضافي المحتمل في حالات متعددة لتدفق نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت، مستنداً في ذلك إلى معيار معهد المهندسين الكهربائيين والإلكترونيين IEEE 802.16-204.

1 خدمات جدولة الوصلة الصاعدة

في الفقرة 1، تصمم خدمات الجدولة من أجل تحسين كفاءة عملية الاستطلاع/المنح. وتمكن المحطة القاعدة، عن طريق تحديد خدمة الجدولة ومعلماتها المرتبطة بنوعية الخدمة، أن تتنبأ بالاحتياجات المتعلقة بالصبيب والكمون لحركة الوصلة الصاعدة وتوفير استطلاعات و/أو منح في الأوقات المناسبة.

والخدمات الأساسية هي خدمة المنح غير الملتمسة (UGS)، وخدمة الاستطلاع في الوقت الحقيقي (rtPS) وخدمة الاستطلاع في غير الوقت الحقيقي (nrtPS) وخدمة أفضل جهد (BE). وتصمم كل خدمة لتلائم نوعاً معيناً من تدفق البيانات. فخدمة المنح غير الملتمسة (UGS) تصمم من أجل دعم تدفقات الخدمة في الوقت الحقيقي التي تولد رزم بيانات ثابتة الحجم على أساس دوري، مثل T1/E1 ونقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت دون كبت الصمت. وتصمم خدمة الاستطلاع في الوقت الحقيقي من أجل دعم تدفقات الخدمة في الوقت الحقيقي التي تولد رزم بيانات متغيرة الحجم على أساس دوري، مثل فيديو MPEG. وتصمم خدمة الاستطلاع في الوقت غير الحقيقي من أجل دعم تدفقات الخدمة في الوقت غير الحقيقي التي تحتاج إلى أنواع من رشقات فتح البيانات المتغيرة الحجم على أساس دوري، مثل بروتوكول نقل الملفات العريض النطاق. والقصد من خدمة أفضل جهد (BE) هو توفير خدمة فعالة لحركة أفضل جهد.

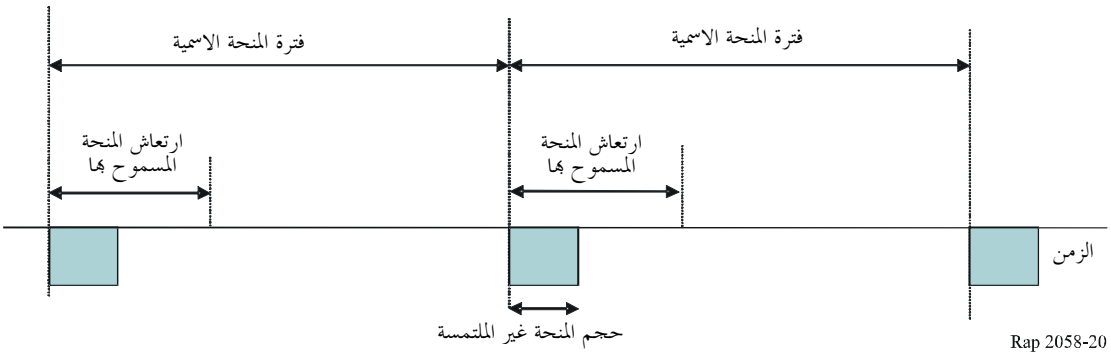
2 خدمة المنح غير الملتمسة (UGS)

سنعالج هنا خدمة المنح غير الملتمسة باعتبارها خدمة جدولة لنقل رزم الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت VoIP. وتتيح هذه الخدمة منحاً ذات حجم ثابت على أساس دوري في الوقت الحقيقي تزيل الطلبات المتعلقة بالتكاليف العامة والكمون لمحطة المشترك وتضمن توفر المنح من أجل تلبية احتياجات التدفق في الوقت الحقيقي. وينبغي أن توفر محطة القاعدة أنواع رشقات منح البيانات ذات الحجم الثابت على فترات منتظمة من أجل تدفق الخدمة.

وينبغي تحديد خدمة المنح غير الملتمسة باستخدام المعلمات التالية: حجم المنحة غير الملتمسة، فترة المنحة الاسمية، ارتعاش المنح المحتمل، وسياسة الطلب/الإرسال. ويبين الشكل 20 المفاهيم المتعلقة بهذه المعلمات. ويمكن خفض الارتعاش الفعلي في حدود ارتعاش المنح المحتمل الذي يتم التفاوض بشأنه في إجراء التجهيز للنداء.

الشكل 20

أهم معلمات تدفق خدمة UGS

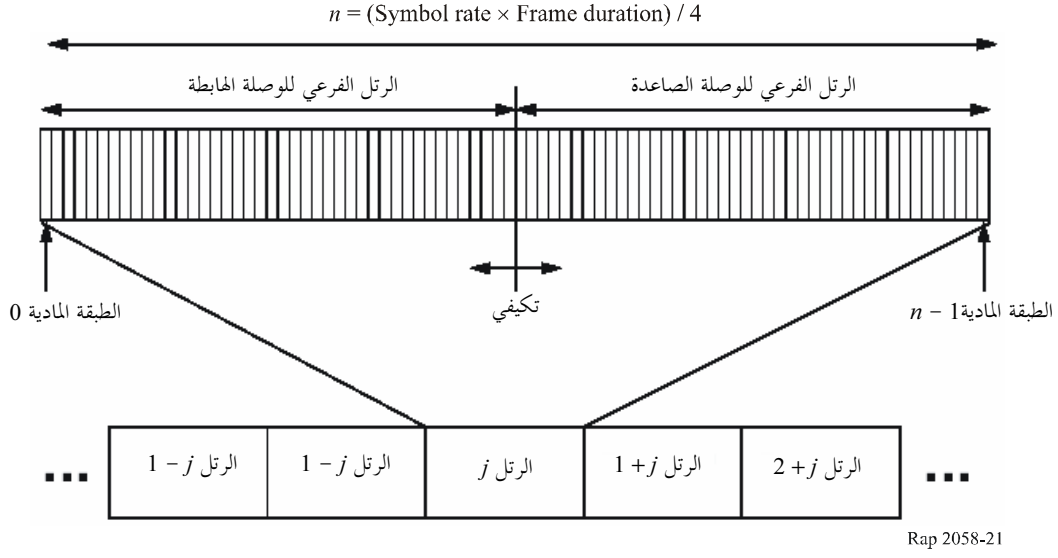


3 هيكل الرتل

في الدراسة التالية، نفترض أن الإرسال المتعدد بتقسيم الزمن مخطط لتعدد الإرسال. ويبين الشكل 21 هيكل الرتل في حالة الإرسال المتعدد بتقسيم الزمن. والرتل محدد الفترة يحتوي على رتل واحد لوصلة هابطة ورتل فرعي واحد لوصلة صاعدة. ويكون حجم الرتل عادة 1 ms. والرتل مقسم على عدد صحيح من الفجوات المادية، التي تساعد في تقسيم عرض النطاق بسهولة. وتتألف فجوة مادية من أربعة رموز في الطبقة المادية. وترتيل الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن قابل للتكيف من حيث إمكانية تغيير توزيع عرض النطاق على الوصلة الهابطة إلى توزيع عرض النطاق على الوصلة الصاعدة. والقسمة بين الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة هي نظام معلمات يتم التحكم فيه عند الطبقات العليا داخل النظام. ويقوم حجم كل قناة مادية بوحدات الفجوات الصغيرة (mini-slots) وتحتوي كل فجوة صغيرة على عدد قدره i من الفجوات المادية، حيث $i = 2^k$ وk رقم صحيح يتراوح بين صفر و7.

الشكل 21

هيكل الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن



4 الافتراضات التي يقوم عليها الحساب

في حالة التدفق المتعدد لنقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت قد تنتظر الرزم المولدة حديثاً والمقرر إرسالها من تدفق نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت بنتيجة لانشغال القناة بتدفقات سابقة أخرى من بروتوكول الإنترنت. وتقدم هنا حساباً لمثال لفترة الانتظار الإضافية للحالة. وترد في الجدول 10 قيم المعلمات المفترضة.

وقد أجريت عملية الحساب على أساس الفروض التالية:

- جميع مشفرات نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت تمتثل للتوصية ITU-T G.711 (تشفير 64 kbit/s). ونظراً لأن رأسية TCP/IP، ورأسية الأثير، ورأسية MAC، وما إلى ذلك، فإن طول MAC PDU الإجمالي يبلغ 234 بايت. وبافتراض تشفير Reed Solomon خارجي وتشفير BCC داخلي، يصبح طول الرشقة 381 بايت. وبافتراض تشكيل QPSK، فإن حجم الرمز بعد المقابلة وإضافة تذييل الديباجة يبلغ في مجمله 540 1.

- يفترض تشكيل QPSK وحجم قناة 25 MHz. ويوصى أن تكون فترة الرتل 1 ms. ومن ثم يوجد 000 20 رمز في الرتل.

- أحمال حركة نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت عن طريق الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة متشابهان إلى حد كبير. غير أننا نفترض أن محطة القاعدة تعالج rtPS وnrtPS، وأفضل جهد (BE) وحركة نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت في نفس الوقت، وبعض هذه الخدمات قد يكون له حمل حركة ذو طابع غير متماثل يجعل حمل الوصلة الهابطة أكبر من حمل الوصلة الصاعدة، مثل تدفق MPEG. ومن ثم، فإننا نفترض أن نسبة طول الرتل الفرعي للوصلة الصاعدة/الوصلة الهابطة تساوي 3:1 تقريباً. وعلى ذلك، يفترض أن عدد الرموز المخصصة للرتل الفرعي للوصلة الصاعدة يساوي 000 5 تقريباً.

- بالنظر إلى تخصصات الأنواع الأخرى من خدمات الوقت الحقيقي وخدمات الوقت غير الحقيقي للوصلة الصاعدة، فإن عدد رشقات نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت المخصصة للوصلة الصاعدة تبلغ الضعفين تقريباً عند الحد الأقصى. و لم يُؤخذ في الاعتبار تفتت رزم نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت.

الجدول 10

قيم المعلمات المفترضة

		ملاحظة
حجم MAC PDU	bytes 234	
– VoIP payload	bytes 160	متوافق مع G.711
– حمل IP	bytes 40	
– رأسية الأثير	bytes 24	
– FCS	bytes 2	
– PHSI	bytes 2	
– رأسية MAC	bytes 6	
التشكيل	QPSK	
نوع شفرة FEC	Reed Solomon وBCC	
نوع الشفرة الخارجية	النمط 2	
الحجم الكلي لكلمة الشفرة الخارجية (K+R)	bytes 254	
نوع شفرة BCC الداخلية	(16، 24)	
طول الديباجة	16 رمزاً	
عامل التدرج	0,25	
حجم القناة	MHz 25	
معدل الرموز	Mbaud 20	
معدل البتات	Mbit/s 40	
فترة الرتل	Ms 1	
عدد الرموز في كل رتل	20 000	
عدد الفجوات الصغرية في كل رتل	5 000	حجم الرتل الصغري يساوي حجم الفجوة المادية (4 رموز).

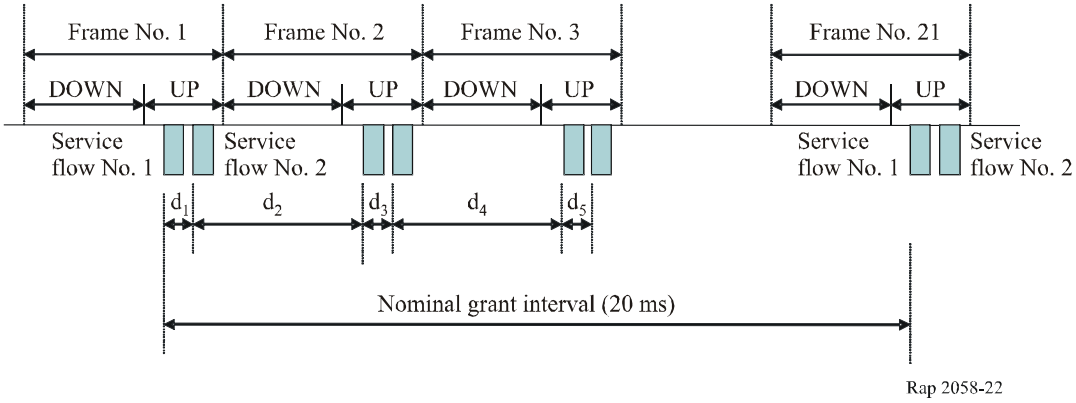
– تتولد رزم VoIP على فترات يبلغ طول كل منها 20 ms. ولكبت الارتعاش بين رزم VoIP، تنقل تشتتات تدفق واحد من VoIP باستخدام نفس أوضاع الفجوة الزمنية في الأرتال الفرعية للوصلة الصاعدة على فترات طول كل منها 20 ms.

– في ضوء الافتراضات أعلاه، وكما هو مبين في الشكل 22، يمكن تخصيص 40 منحة لتدفق (لتدفقات) VoIP عند الحد الأقصى على فترات كل منها 20 ms. وباستخدام منحة واحدة من تلك المنح، تنتقل رشقة وصلة صاعدة من كل تدفق نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت.

– في حالة عدم وجود تدفقات VoIP سابقة، تنتقل رشقة وصلة صاعدة لتدفق VoIP حديث التولد عند الوقت t_0 باستخدام أقرب منحة على محور زمني. ومن جهة أخرى، عندما يكون هناك تدفق واحد أو أكثر موجود بالفعل من VoIP ويكون هناك منح محجوزة لتدفق أو لتدفقات VoIP القائمة، قد لا تتمكن رشقة وصلة صاعدة من تدفق VoIP حديث التولد من استخدام أقرب منحة، ويبحث مجدول محطة قاعدة عن منحة غير محجوزة ويقدمها إلى SS. وتحصل SS على معلومات من UL_MAP في رتل فرعي لوصلة صاعدة، ويرسل الرشقة عند الوقت t_1. وعلى وجه التحديد، قد يحدث انتظار إضافي (t_1- t_0) بين حين وآخر. ويرد أدناه حساب مثل هذا النوع من وقت الانتظار.

الشكل 22

منحة VoIP



– والآن، نفترض أنه يجري تقديم خدمات إلى $(m-1)$ من تدفقات VoIP. يمكن تقريب متوسط وقت الانتظار الإضافي الذي حدث في التدفق الجديد ذي الترتيب m لنقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت $\overline{D_m}$ على النحو التالي.

$$\overline{D_m} \approx (N-m+1)\cdot\frac{(m-1)!}{N!}\cdot\sum_{j=1}^{m-1}\left\{\sum_{i=1}^{j} d_i \cdot \frac{(N-j-1)!}{(m-j-1)!}\right\} \quad (13)$$

$$1 \le j \le m-1$$

حيث:

N: أقصى ممكن لمنح VoIP في إطار فترة زمنية قدرها 20 ms (= 40)

d_i: فرق الزمن بين المنحة $(i-1)$ والمنحة i.

وإضافة إلى ذلك، ومن أجل حساب بسيط، يفترض أن،

$$d_{odd} = 0{,}08 \text{ ms}، \quad d_{even} = 0{,}92 \text{ ms}$$

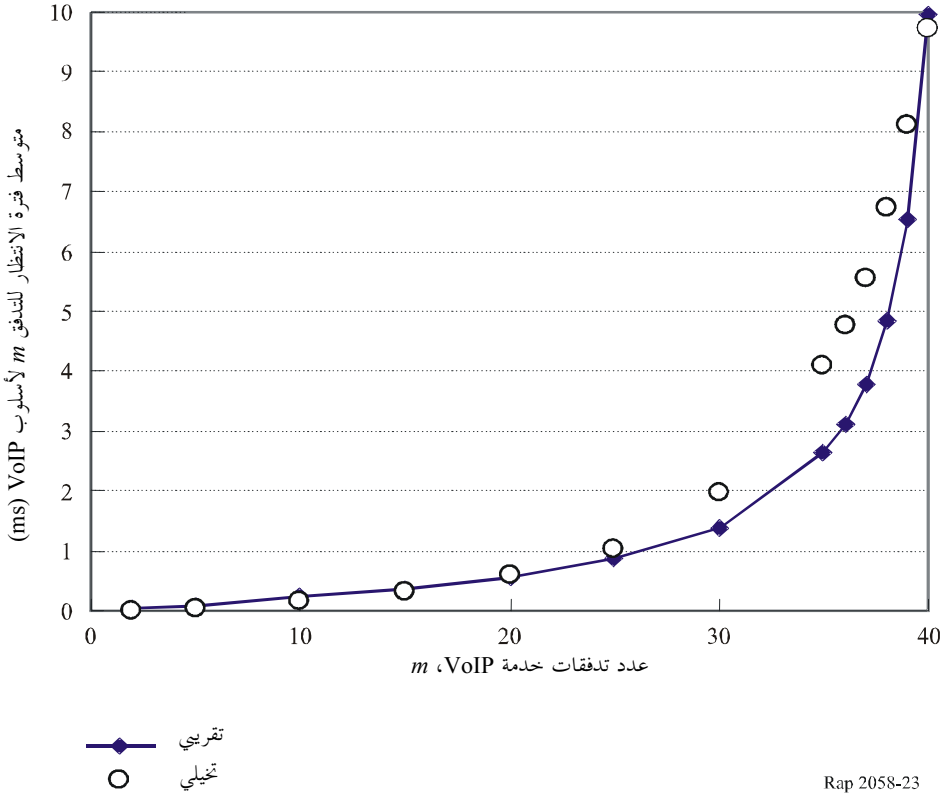
5 نتائج مثال الحسابات

يبين الشكل 23 نتائج حساب $\overline{D_m}$ مقربة بالمعادلة (13). يبين الشكل 33 أيضاً نتائج عملية محاكاة. ويختلف وقت الانتظار باختلاف عدد تدفقات VoIP القائمة، ويتضمن الشكل 24 تمثيلاً بيانيا للنسبة المئوية التراكمية لفترة الانتظار محسوبة باستخدام المعادلة (13). وقد تحدث بين حين وآخر فترات انتظار قدرها 20 ms.

وفي ظل بعض الفروض، قدِّر زمن الانتظار الإضافي الممكن والمتوقع لرزم VoIP في حالات تدفق VoIP عديدة. بالنسبة لنفاذ إرسال متعدد بتقسيم الزمن (TDMA)، تمثل جدولة الخوارزمية عاملاً حيوياً لتحسين أداء التأخر، ولكنها تقع خارج نطاق معيار IEEE 802.16-2004. وإضافة إلى هذه الخوارزمية، هناك عوامل عديدة أخرى قد تتسبب في انحطاط وقت نقل رزم IP مثل هيكل الرتل، وأحمال الحركة وطاقة الحركة.

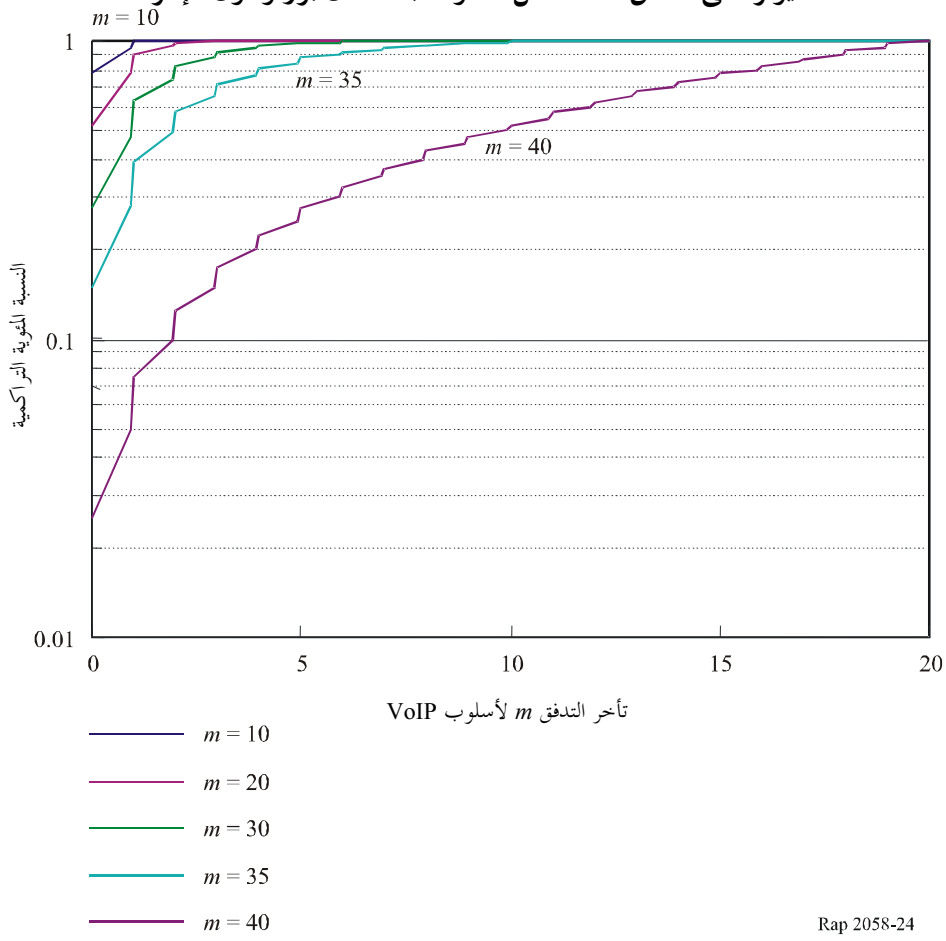
الشكل 23

مثال لمتوسط وقت الانتظار الإضافي الذي يؤثر على تدفق نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت



الشكل 24

مثال للنسبة المئوية التراكمية لوقت الانتظار الإضافي الذي يؤثر على التدفق *m*-th لنقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت



الملحق 4

مثال لحسابات تأخر شبكة من الرتبة 0 لنوعية الخدمة

يقدم هذا الملحق مثالاً لحسابات IPTD أي جزء من مسير يدعم تدفق من الرتبة 0 لنوعية الخدمة على أساس المنهجية الموصوفة في التذييل III من التوصية ITU-T Y.1541.

1 حساب التأخر في شبكات النفاذ بما في ذلك أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت

تقدم هذه الفقرة وصفاً لفكرة حسابات التأخير في شبكات النفاذ بما في ذلك أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت. ويبين الشكل 25 تشكيل شبكة النفاذ لنظام نفاذ لاسلكي ثابت. ويحسب وقت نقل رزم IP (IPTD)، وتغير وقت رزمة IP (IPDV) في شبكة النفاذ، $D(AN)$ و$DV(AN)$ باستخدام المعادلات التالية:

$$D(AN) = D(FWA) + D(BH)$$

$$= D(s) + D(air) + D(b) + D(BH)$$

$$DV(AN) \leq DV(FWA) + DV(BH)$$

$$= DV(s) + DV(air) + DV(b) + DV(BH)$$

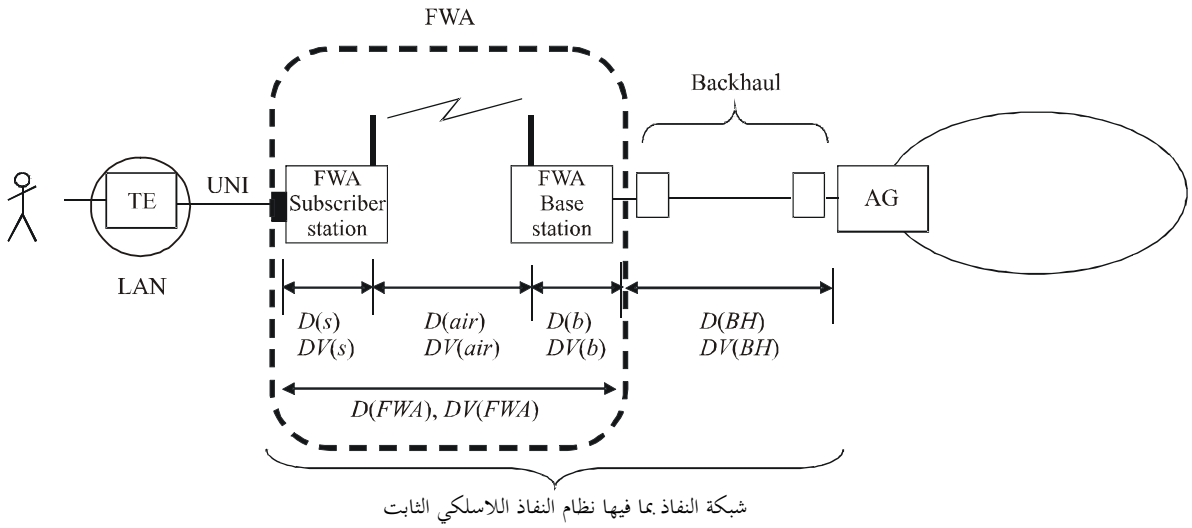
وكما هو مبين في الشكل 25، فإن الوصلة بين محطة الأساس وبوابة النفاذ معرفة بأنها وصلة توصيل (backhaul). ووصلة التوصيل هي جزء من شبكة نفاذ، وتصنع من ألياف بصرية، أو متحدة المحور أو كبل نحاسي أو نظام راديوي آخر، كأن تكون نظاماً راديوياً من نقطة إلى نقطة أو من نقطة إلى نقاط عديدة. وتصمم وصلة التوصيل عادة بحيث توفر طاقة كافية لنقل الحركة من/إلى نظام النفاذ اللاسلكي الثابت. وعلى ذلك، فبالنسبة إلى وقت نقل رزم IP وتغير وقت رزمة IP اللذان يحدثان في وصلة التوصيل، تكون قيم $D(BH)$ و$DV(BH)$ صغيرة عادة. ونتيجة لذلك، تعدل المعادلات أعلاه لتتخذ الصورة التالية:

$$D(AN) \approx D(FWA)$$
$$= D(s) + D(air) + D(b)$$
$$DV(AN) \leq DV(FWA)$$
$$= DV(s) + DV(air) + DV(b)$$

وعلاوة على ذلك، إذا كان السبب الرئيسي لكل من $D(FWA)$ و$DV(FWA)$ هو بروتوكول النفاذ ويمكن إهمال بقية الأسباب، فإنه يمكن تقريب قيمة كل من $D(AN)$ و$DV(AN)$ إلى $D(air) \approx D(AN)$ و $DV(air) \approx DV(AN)$.

الشكل 25

مثال لشبكة نفاذ تتضمن نظام نفاذ لاسلكي ثابت



TE:	معدات المطراف
AG:	بوابة النفاذ
FWA:	النفاذ اللاسلكي الثابت
UNI:	السطح البيني لربط المستعمل بالشبكة
$D(FWA)$:	وقت التأخر في الجزء الخاص بالنفاذ اللاسلكي الثابت
$-D(s)$:	وقت التأخر في محطة المشترك للنفاذ اللاسلكي الثابت
$-D(air)$:	وقت التأخر المعتمد على بروتوكول النفاذ
$-D(b)$:	وقت التأخر في محطة أساس النفاذ اللاسلكي الثابت
$D(BH)$:	وقت التأخر في وصلة التوصيل
$DV(FWA)$:	تغير التأخر في الجزء الخاص بالنفاذ اللاسلكي الثابت
$-DV(s)$:	تغير التأخر في محطة المشترك
$-DV(air)$:	تغير التأخر المعتمد على بروتوكول النفاذ
$-DV(b)$:	تغير التأخر في محطة أساس النفاذ اللاسلكي الثابت
$DV(BH)$:	تغير التأخر في وصلة التوصيل

Rap 2058-25

2 مثال لحسابات تأخر الشبكة ذات الرتبة الصفرية لنوعية الخدمة في السطح البيني من المستعمل إلى الشبكة–السطح البيني من المستعمل إلى الشبكة

وفقاً للتوصية ITU-T Y.1541، فإن القيمة النظرية لوقت نقل رزم IP في الجزء الخاص ببرتوكول الإنترنت من الشبكة هو:

$$(N_I * D_I) + (N_C * D_C) + (N_D * D_D) + (N_A * D_A) + (R_{km} * 0.005) \geq \text{(ms)}\ IPTD$$

$$D_{km}\ 1{,}25 * = R_{km}$$

وفي هذه المعادلة:

- D_{km} هي المسافة في الهواء بين مسيرين يحدان هذا الجزء
- R_{km} تمثل فرضية طول المسير
- N_A وN_D وN_C وN_I تمثل أعداد بوابة النفاذ إلى بروتوكول الإنترنت، والتوزيع، والمسيرات الأساسية ومسيرات بوابة تشغيل الإنترنت، على التوالي؛ وتتوافق مع مثال قطاع الشبكة الوارد في الشكل III.1 في التذييل III بالتوصية ITU-T Y.1541.
- D_A وD_D وD_C وD_I تمثل التأثر في بوابة نفاذ بروتوكول الإنترنت، والتوزيع، والمسيرات الأساسية ومسيرات بوابة تشغيل الإنترنت، على التوالي؛ وتتوافق مع القيم المعرفة في الجدول III.1 في التذييل III بالتوصية ITU-T Y.1541.

ويمكن حساب قيمة IPDV القصوى بطريقة مماثلة.

وكمثال لحساب تأخر UNI-UNI، اتبع المسير المرجعي النظري (HRP) الموضح في الشكل 26. وأخذت بعين الاعتبار الفروض التالية:

- في جزئي نفاذ، يتألف جزء من النفاذ اللاسلكي الثابت ووصلة أداة التوصيل.
- الأجزاء المتبقية، مثل شبكتي بروتوكول الإنترنت والشبكة التي لا تستعمل بروتوكول الإنترنت والتي تتألف من جزء النفاذ الآخر، متوافقة مع HRP الموضح في الشكل 3.III في التذييل III بالتوصية ITU-T Y.1541.
- الشبكة التي لا تستعمل بروتوكول الإنترنت لها طاقة T1.
- حجم أكبر رزمة هو 1 500 بايت، وحجم رزمة VoIP هو 200 بايت.
- المسافة الإجمالية وطول المسير هما 4 070 Km و5087,5 Km على التوالي، امتثالا للفرض الوارد في التذييل III للتوصية ITU-T Y.1541.

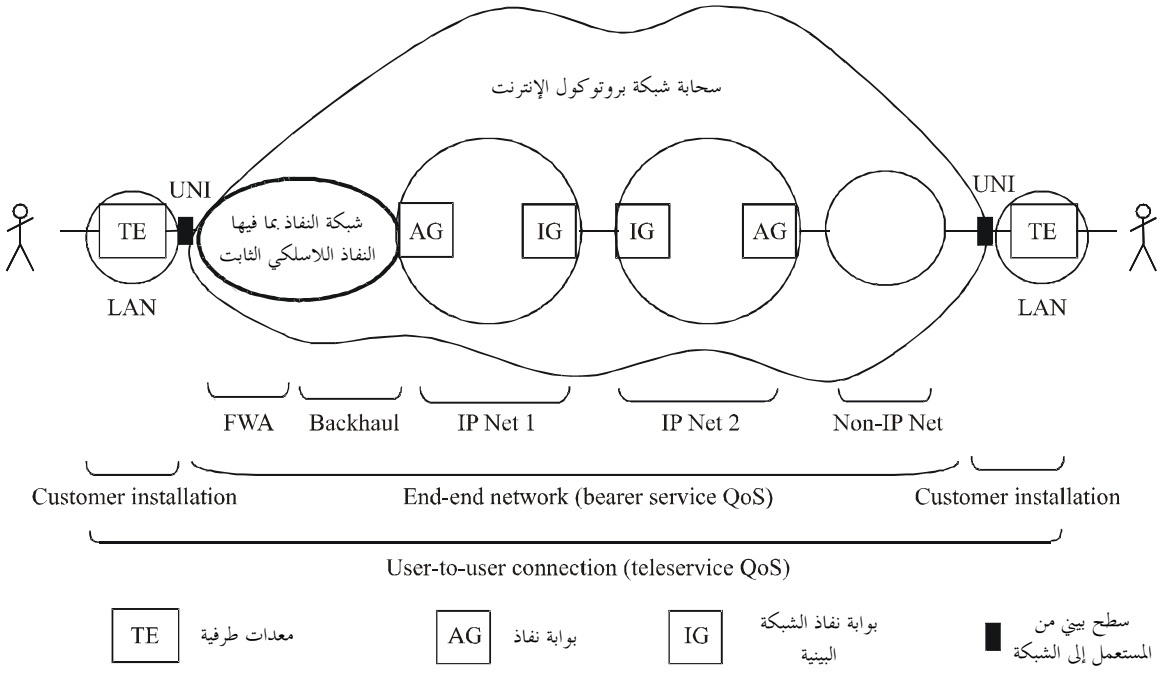
ويقدم الجدول 11 تشكيل مسير المرجع الافتراضي (HRP) بدلالة عدد ونوع المسيرات، والمسافة، وإسهام جميع مكونات HRP لكل من IPTD وIPDV في UNI-UNI. وباستثناء القيم المتصلة بجزء النفاذ بما في ذلك نظام النفاذ اللاسلكي الثابت، مما تتفق قيمة كل مكون مدرج في شبكة 1، IP وشبكة 2، IP، والشبكة التي لا تستعمل بروتوكول الإنترنت مع الجدول 2.III في التذييل III بالتوصية ITU-T Y.1541.

وتعتمد IPTD وIPDV لشبكة النفاذ بما في ذلك نظام النفاذ اللاسلكي الثابت، و$D(AN)$ و$DV(AN)$ على بروتوكول النفاذ على النحو المبين في القسم 1 من هذا الملحق، والموصوف في الفقرة 3.6، إذا أنها تتغير تغيراً كبيراً بتغير بعض الظروف مثل الحركة الإجمالية. ومن ثم، فإن من الصعب تثبيت هذه القيم.

وهناك بعض الأمثلة على تأخر بروتوكول النفاذ في حالة اعتماد بروتوكول نفاذ لاسلكي قائم على CSMA/CA لنظام FWA في الملحق 2 من هذا التقرير. إذا يفترض في الملحق أن $D(NA)$ تختلف في حدود نطاق يبلغ وحدات عديدة من الألف من الثانية أو عدة عشرات ms. وفي هذا التحليل، اعتمدت 10 ms كمثال. كما حددت هذه القيمة (10 ms) كهدف أداء للنظام ETSI HIPERACCESS (انظر [1]ETSI TR 101 177 V1.1.1). ويبين الملحق 2 أيضاً أمثلة الجزء 1×10^{-3} من التأخر تختلف أيضاً باختلاف ظروف عديدة، فقد اعتمدت القيمة 16 ms في حالة CSMA/CA (النسق 54M، $m = 5$) كمثال.

الشكل 26

مسير مرجعي افتراضي للرتبة الصفرية لنوعية الخدمة
(شامل لنظام نفاذ لاسلكي ثابت)



الجدول 11

تحليل التأخر في مثال مسير الرتبة الصفرية لنوعية الخدمة
(في حالة CSMA/CA كبروتوكول نفاذ للنفاذ اللاسلكي الثابت)

Max IPDV (ms)	IPDV/Unit (ms)	Average IPTD (ms)	IPTD/Unit (ms)	Unit	العنصر
				km 4 070	المسافة
		25		km 5 087,5	المسير
16	1	**10**	1	1	شبكة النفاذ بما فيها نظام FWA
28		20			بروتوكول الإنترنت للشبكة 1
16	16	10	10	1	Access, N_A
3	3	3	3	1	Distribution, N_D
6	3	4	2	2	Core, N_C
3	3	3	3	1	Internetwork GW, N_I
34		24			بروتوكول الإنترنت للشبكة 2
16	16	10	10	1	Access, N_A
3	3	3	3	1	Distribution, N_D
12	3	8	2	4	Core, N_C
3	3	3	3	1	Internetwork GW, N_I
0		15			Non-IP Net
78		**94**			**UNI-UNI Total (ms)**
50		100			مواصفات التوصية ITU-T Y.1541

والقيمة المحسوبة لوقت نقل رزم IP في UNI-UNI هي 94 ms، وهي في نطاق القيمة المحددة للرتبة الصفرية وهي 100 ms. ومن جهة أخرى، فإن القيمة المحسوبة لتغير وقت رزمة IP في UNI-UNI هي 78 ms، وهي قيمة تزيد عن القيمة المحددة في التوصية ITU-T Y.1541 (وهي 50 ms). وسيلزم إجراء مزيد من الدراسات في هذا الشأن. ومع ذلك يجدر بالملاحظة أن؛

- تحسب القيمة 78 ms من 16 ms ((DV(AN))، و62 ms، IPDV الناشئة عن الأجزاء الأخرى.
- القيمة 62 ms الناشئة عن الأجزاء الأخرى تتفق مع القيمة المستخدمة لمثال حساب تغير وقت رزمة IP من أجل UNI-UNI في الجدول III.2 في التذييل III بالتوصية ITU-T Y.1541.
- تصف التوصية ITU-T Y.1541 القيمة 62 ms ذاتها بأنها قيمة متشائمة جداً، ناشئة عن افتراض إضافة أسوأ حالة لكل مسيَّر.

ويبين الجدول 11 أيضاً مثالا لتأخر UNI-UNI في حالة CSMA/CA كبروتوكول نفاذ لنظام نفاذ لاسلكي ثابت. وفي أي نظام نفاذ لاسلكي ثابت يعتمد نفاذ إرسال متعدد (TDMA) بتقسيم الزمن، قد يمكن تحسين نقل رزم IP، وتغير وقت رزم IP.

الملحق 5

الخصائص التقنية لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت عريضة النطاق لدعم تقنية نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت

1 مقدمة

خلال السنوات الأخيرة، أصبحت خدمة نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت (VoIP) من أكثر التطبيقات جاذبية لمقدمي خدمة الإنترنت العريض النطاق حتى بمن فيهم مشغلو الاتصالات التقليدية. ويعمل قطاع التقييس في الاتحاد، على تقييس العديد من جوانب تقنية VoIP، مثل البروتوكولات، ونوعية كل الإرسال والصوت. وهناك توصيات عديدة لقطاع التقييس تحدد أهداف الأداء من طرف إلى آخر للشبكات القائمة على بروتوكول الإنترنت. وعندما تقدم خدمة VoIP بواسطة نظام النفاذ اللاسلكي الثابت، فإنه ينبغي أيضاً تحديد أهداف أداء القطاع اللاسلكي. بحيث تواكب أهداف الأداء من طرف إلى أخر. ويقدم هذا الملحق الاعتبارات المتعلقة بتلبية معلمات الأداء لأنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت التي يتم فيها النقل باستعمال بروتوكول الإنترنت.

2 المعلمات المطلوبة من أجل VoIP من حيث علاقتها بأهداف الأداء من طرف إلى آخر

ترد أهداف الأداء المتعلقة بنقل رزم IP في التوصيتين ITU-T Y.1540 وITU-T Y.1541. وتحدد التوصية ITU-T Y.1540 معلمات أداء التوفر، بينما تحدد التوصية ITU-T Y.1541، توفر معلمات أداء رتبة نوعية الخدمة ونقل رزم IP. وتطبق التوصيتان كلتاهما على خدمة إيصال بيانات الإنترنت دولياً من طرف إلى آخر. وهما تدعمان مجموعة عريضة من تطبيقات بروتوكول الإنترنت مثل VoIP، وعقد المؤتمرات أو نقل البيانات التفاعلي بالوسائط المتعددة. وعلى ذلك، تكفي بعض أجزاء أهداف الأداء لنقل الصوت.

وثمة مخططان لقياس نوعية الصوت المتعلقة بالمهاتفة أحدهما المخطط الشخصي والآخر هو المخطط الموضوعي. ويستخدم تقييم درجة متوسط الرأي (MOS) بصورة عامة في الاختبارات الشخصية، ويتم تعيين متوسطها الحسابي للحصول على مؤشر كمي لأداء الشبكة. وتوفر التوصية ITU-T P.800 طريقة تفصيلية لقياس درجة متوسط الرأي. ويمثل التقييم المحسوس لجودة الكلام أحد الاختبارات الموضوعية التمثيلية، حيث يوفر قياساً لمدى الصفاء بمقارنة إشارة اختبار دخل وخرج الإشارة عبر الشبكة. وتوفر التوصية ITU-T P.800 طريقة لقياس التقييم المحسوس لجودة الكلام.

والتقييم المحسوس لجودة الكلام وحده لا يمكن أن يكفل نوعية صوت شاملة ويستخدم النموذج E الذي توفره التوصية ITU-T G.107 من أجل إجراء تقييم كامل لنوعية الصوت. وهو يستخدم لحساب عامل معدل الإرسال R. وتحسب قيمة R على النحو التالي:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_{e,\,eff} + A \tag{14}$$

حيث:

R_0: هي النسبة الأساسية للإشارة إلى الضوضاء

I_s: مجمل جميع أشكال الإعاقة التي تحدث في آن واحد مع إشارة الصوت،

I_d: الإعاقة نتيجة للتأخر

$I_{e,\,eff}$: الإعاقة بسبب انخفاض تشفير معدل البتات وفقدان الرزم.

ويتيح عامل المزية A تعويض عوامل الإعاقة مثل الاتصالات المتنقلة.

ويوفر معيار لجنة تكنولوجيا الاتصالات JJ-201.01 هذه المعلمات، التي تستخدم مع العامل R، وطرق تقييمها.

3 الاعتبارات المتعلقة باستيفاء معلمات الأداء لنقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت

معلمات الأداء التي تؤثر على نوعية الصوت التي تقدر بواسطة *R* هي التأخر والصدى. كما تؤثر خسارة الرزم، وهي إحدى المعلمات المميزة في الشبكات القائمة على الرزم، على نوعية الصوت وتتغير معلمات الأداء هذه كدالة للنظام اللاسلكي.

1.3 التأخر والصدى

التأخر والصدى معلمتان تدرسان بعناية في الأنظمة اللاسلكية. وهناك ثلاث معلمات موصوفة في النموذج E على النحو المبين في الجدول 12.

الجدول 12

معلمات التأخر في النموذج E

المعلمة	الرمز المختصر	الوحدة	المدى
التأخر المطلق في التوصيلات العديمة الصدى	*Ta*	ms	أصغر من 500 ms
تأخر رحلة الذهاب والإياب في مسير الصدى	*Tr*	ms	أصغر من 1 000 ms
متوسط التأخر لرحلة اتجاه واحد لمسير الصدى	*Ta*	ms	أصغر من 500 ms

Ta هو تأخر مطلق زائد في الطول، يحدث حتى عند إزالة الصدى بصورة مثالية، وتسبب *Tr* و*T* صدى المستمع وصدى المتكلم على التوالي. وعندما يوفر نظام للنفاذ اللاسلكي الثابت خدمة نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت، ينبغي أن يقل تأخر نقل الرزمة في قطاع النفاذ اللاسلكي عن 500 ms مطروحاً منها تأخر المطراف العادي بما في ذلك المشفرات والشبكة الأساسية وشبكة النفاذ السلكي على الجانب المقابل. وعند استعمال أنظمة لاسلكية لشبكتي النفاذ كليتهما أو استعمال شبكة نفاذ لاسلكي بقفزات متعددة، فإنه ينبغي تصميم التأخر في كل قطاع نفاذ لاسلكي على أنه مجموع مقدار التأخر في قطاعات النفاذ اللاسلكي الذي يحقق الهدف. وهذا الهدف المتعلق بالتأخر قيمة مؤقتة لأنه يمثل القيمة القصوى للتأخر التي تستخدم في النموذج E. ويلزم إجراء المزيد من الدراسة من أجل تحديد الهدف الدقيق.

2.3 خسارة الرزم

تقييم خسارة الرزم ضروري لتقييم نوعية الصوت. وتزداد خسارة الرزم عندما تؤدي ظروف الشبكة إلى أن تتجاوز حركة الرزم طاقة التصميم لقدرات أداء الشبكة. ويحدث هذا الظرف في كل من الأنظمة السلكية واللاسلكية. واحتمال خسارة الرزم (P_{pl}) في الأنظمة اللاسلكية يزيد عن احتمال خسارة الرزم في الأنظمة السلكية لأن أداء الشبكة في الأنظمة اللاسلكية يكون عادة أقل مستوى منه في الأنظمة السلكية. إذ أن معدل نقل البيانات في الأنظمة اللاسلكية يكون اقل من معدل نقل البيانات في الأنظمة السلكية (البصرية) وقد تنحط الإشارة أحياناً بسبب التداخل، أو تكون ظل، أو التوهين.

وتتألف P_{pl} من احتمال خسارة الرزم في الشبكة (P_{plN}) واحتمال فقد الرزم في دائرة امتصاص الارتعاش (P_{plB})، وP_{plN} هي نسبة عدد الرزم المُستقبلة إلى عدد الرزم المرسلة. P_{plB} هي الرزم الضائعة بسبب فيضان دارئ امتصاص الارتعاش. وعندما يوفر نظام نفاذ لاسلكي ثابت خدمة نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت، ينبغي أن تقل نسبة خسارة الرزم عن 20 في المائة مطروحاً منها P_{plB} وP_{plN} لشبكة سلكية على النحو المبين في الجدول 13. وعلى غرار هدف التأخر، فعند استخدام أنظمة لاسلكية لكل من النفاذ أو النفاذ اللاسلكي المتعدد القفزات في شبكة للنفاذ اللاسلكي، ينبغي أن يصمم احتمال خسارة الرزم في كل شبكة نفاذ لاسلكي باعتباره يمثل كامل أجزاء شبكة النفاذ اللاسلكي من أجل تحقيق الهدف. وهذه أيضاً قيمة مؤقتة لأنها تمثل القيمة القصوى لاحتمال خسارة الرزم العشوائي المستخدم في النموذج E ويلزم إجراء المزيد من الدراسة من أجل تحديد الهدف الدقيق.

الجدول 13

معلمات خسارة الرزم

المعلمة	الرمز المختصر	الوحدة	المدى
احتمال خسارة الرزم العشوائية	P_{pl}	%	أصغر من 20

ونموذج وطريقة حساب P_{plB} مبينان في معيار لجنة تكنولوجيا الاتصالات JJ-201.01 "وقياس أداء الشبكة في تقدير نوعية الكلام المنقول بأسلوب نقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت" (MASUDA، M وORI، k [2001 November] APSITT2001، IEICE، P.333-337) على التوالي.

4 مثال لنوعية الكلام للمسيرات الفرضية بما فيها النفاذ اللاسلكي الثابت

في هذه الفقرة يقدر تأخر معالجة مشفر الصوت المطابق للتوصية ITU-T G.711 بعد ذلك، واستناداً إلى التأخر بين النطق والسمع، بما في ذلك التأخر UNI-UNI وتحليل تأخر المشفر، يقدم وصف لنتائج حساب قيمة R المعرفة في التوصيةITU-T G.107 لمعلمة تقييم نوعية الكلام.

1.4 تأخر المشفر

تستخدم في الآونة الأخيرة لنقل الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت أنواع عديدة من المشفرات، مثل تلك المشار إليها في التوصيتين ITU-T G.711 وITU-T G.723.1 وأكثر أساليب تشفير الصوت انتشار في تلك المشفرات هو أسلوب التوصية ITU-T G.711. والبيانات المشفرة غير مضغوطة، ومعدل تشفيرها هو 64 kbit/s. وترد في الجدول 14 القيم المفترضة لتأخر المكونات.

الجدول 14

مثال لتأخر المشفر المتوافق مع التوصية ITU-T G.711

		التأخر (ms)	ملاحظات
تكون الرزمة		40	ضعفا حجم الرتل
دارئ إزالة الارتعاش، القيمة المتوسطة		40	في حالة دارئ قدره 80 ms
إخفاء خسارة الرزم	التذييل I/G.711	10	"إطار" PLC واحد
	لا يوجد	0	
المجموع		80 or 90	80 ms (بدون PLC)، 90 ms (مع PLC)

يفترض أن طول رزمة VoIP هو 200 بايت تتضمن 40 بايت رأسية TCP/IP وحمل مفيد قدره 160 بايت. بعد ذلك يحسب زمن رتل المشفر باعتباره 20 ms. ويستخدم دارئ إزالة الارتعاش لامتصاص الارتعاش بين الرزم القادمة وفي الوضع المثالي، يتقرر حجم الدارئ على أساس أقصى تغير لوقت رزمة IP. فمثلاً إذا كانت قيمة تغير وقت رزمة IP هو 78 ms المحسوبة في الجدول 11 في الملحق 4، يفترض أن حجم الدارئ هو 80 ms. ويستند الوصف المقدم في التوصية ITU-T Y.1541 لإسهام دارئ مزيل الارتعاش إلى متوسط وقت بقاء الرزم في الدارئ، ويمكن افتراض أنه نصف حجم الدارئ. ومن ثم يفترض في هذه الحالة أن إسهام دارئ مزيل الارتعاش هو 40 ms. وإضافة إلى ذلك، ففي حالة استعمال تقنية إخفاء خسارة الرزم (PLC)ن يضاف 10 ms، ونتيجته. والنتيجة في هذه الحالة هي أن تأخر المشفر يقدر إجمالاً بأنه 80 ms أو 90 ms.

ويمكن إنقاص التأخر الإجمالي للمشفر عن طريق خفض تأخر تكوين الرزم و/أو حجم دارئ مزيل الارتعاش، ويعتمد تأخر تكوين الرزم على حجم الرتل، ويمكن أن يؤدي صغر حجم الرتل إلى تحسين تأخر المشفر. غير أن هذا يؤدي إلى زيادة نسبة طول رأسية VoIP إلى الطول الكلي لرزمة VoIP، ونتيجة لذلك يحدث انحطاط في كفاءة الوصلة في النقل. ويمكن أيضاً أن يؤدي صغر حجم دارئ مزيل الارتعاش على نقصان تأخر المشفر. غير أن تصغير حجم الدارئ يؤدي إلى زيادة وصول الرزم في غير ترتيبها، ومن ثم تهمل هذه الرزم.

2.4 التأخر بين النطق والسمع

في التوصية ITU-T G.114، يوصى بأن يقل التأخر بين النطق والسمع عن 150 ms. وتتضمن هذه الفقرة مثالاً لنتيجة حساب تأخر النطق والسمع ويعتمد التأخر بين النطق والسمع على $D(AN)$ و$DV(AN)$، وكلاهما يتغير بتغير بعض الظروف، مثل بروتوكول نفاذ FWA وعدد محطات المشتركين.

ويفترض ما يلي:

- أن إسهامات التأخر في IPTD وIPDV (UNI-UNI) يعتمد على الجدول 6 من الملحق 2، إلا فيما يتعلق بإسهامات الجزء المتعلق بالنفاذ، بما في ذلك نظام FWA، وتحديداً $D(AN)$ و$DV(AN)$.
- العامل السائد المسبب لكل من $D(AN)$ و$DV(AN)$ هو تأخر بروتوكول النفاذ لنظام FWA، وتهمل العوامل الأخرى.
- يعتمد نظام FWA بروتوكول النفاذ اللاسلكي القائم على CSMA/CA حصراً.
- بشرط أن محطات عددها m–1 بدءاً من المحطة الأولى إلى المحطة $(m-1)$ تحاول إرسال رزم طويلة (500 1 بايت) مثل بروتوكول نقل الملفات (FTP)، فإن المحطة الواحدة الأخرى (المحطة m) تحاول إرسال رزمة قصيرة (200 بايت) من أجل VoIP.
- تعتمد إسهامات معالجة تأخر المشفر في التأخر على الجدول 9 باستثناء إسهام دارئ مزيل الارتعاش. (يفترض أن إسهام دارئ مزيل الارتعاش يعتمد على مجموع تغير وقت رزمة IP بشأن (UNI-UNI)، ويفترض أن متوسط إسهام مزيل الدارئ يساوي نصف حجم الدارئ).

واستناداً إلى الافتراضات أعلاه، يمكن إجراء حساب تقريبي للتأخر بين النطق والسمع $D(total)$ الذي يحدث في نقل رزمة قصيرة باستخدام المعادلات التالية:

$$
\begin{aligned}
&PacketFormation = 40 \text{ ms} \\
&DeJitterBuffer \approx \frac{DV(AN) + DV(IP\ Net\ 1) + DV(IP\ Net\ 2)}{2} \\
&DV(AN) \approx DV(FWA) = A_{(S)} - B_{(L)}\left(\frac{3}{\log p_m} + 1\right) \\
&DV(IP\ Net\ 1) = 28 \text{ ms} \\
&DV(IP\ Net\ 2) = 34 \text{ ms}
\end{aligned}
\tag{15}
$$

$$
PLC = \begin{cases} 10 \text{ ms} & (\text{with } PLC) \\ 0 & (\text{without } PLC) \end{cases}
$$

$$
\begin{aligned}
D(total) &= IPTD(UNI \cdot UNI) + CodertDelay \\
&= D(AN) + D(Route) + D(IP\ Net\ 1) + D(IP\ Net\ 2) + D(NonIP\ Net) + CoderDelay
\end{aligned}
$$

حيث:

$$D(AN) \approx D(FWA) \approx A_{(S)} + B_{(L)} \frac{p_m}{1-p_m} \quad (16)$$

ms 25 = D(Route)

ms 20 = D(IP Net 1)

ms 24 = D(IP Net 2)

ms 15 = D(NonIP Net)

وترد قيم $A_{(S)}$ و$B_{(L)}$ والمعادلتان (13) و(14) في الملحق 5

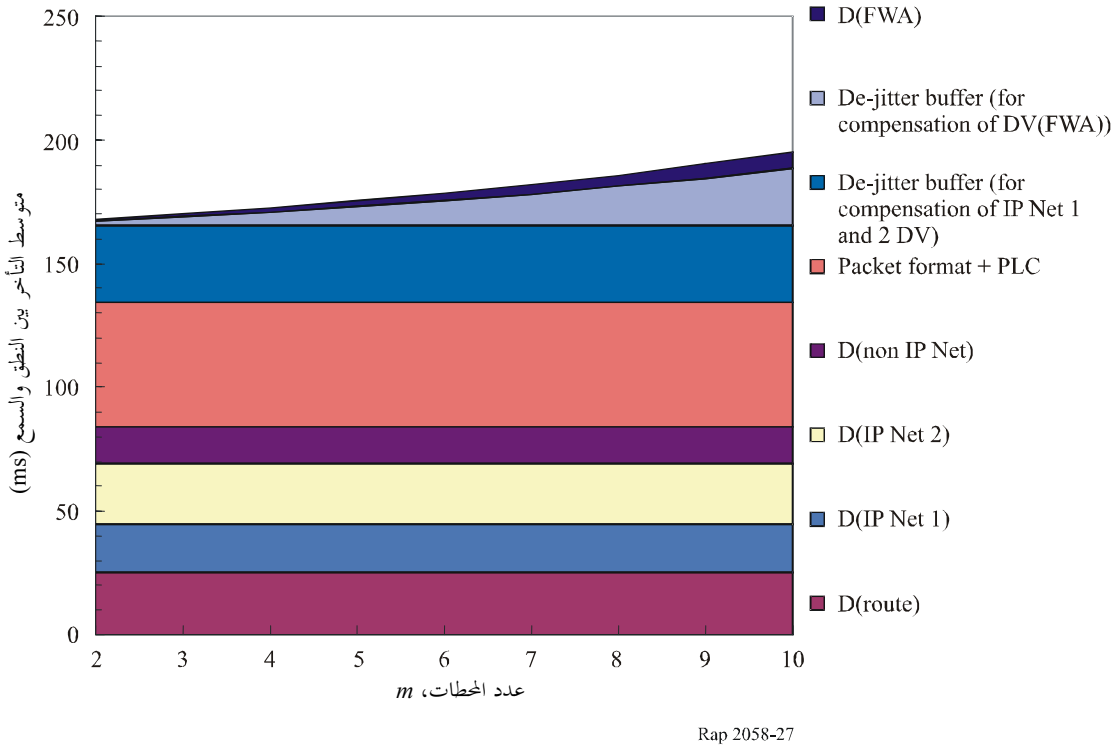
ومن ثمن تحسب $D(total)$ باستخدام المعادلة:

$$D(total) \approx \frac{3}{2} A_{(S)} + \frac{B_{(L)}}{2} \left(\frac{2p_m}{1-p_m} - \frac{3}{\log p_m} - 1 \right) + 165 \text{ (or } 155)$$

ويتضمن الشكل 27 تمثيلاً بيانياً لمثال التأخر بين النطق والسمع الذي تتعرض له رزمة قصيرة من المحطة m. ونسق الإرسال المفترض هو 54M في النفاذ المتعدد لاستشعار الموجة الحاملة مع تجنب الاصطدام CSMA/CA. وعندما تحاول تسع محطات إرسال رزم طويلة، قد تعاني رزمة VoIP من المحطة العاشرة من تأخر يبلغ نحو 200 ms.

الشكل 27

مثال لمتوسط التأخر بين النطق والسمع



ويتضمن الشكل 27 أيضاً تمثيلاً بيانيا لكل إسهام في التأخر من النطق إلى السمع. ولا يعتمد الإسهام في التأخر البالغ 165 ms على خصائص النفاذ اللاسلكي الثابت (FWA). وعندما تكون قيمة *m* صغيرة، يصبح هذا التأخر البالغ 165 ms الإسهام الرئيسي في التأخر بين النطق والسمع. ومن جهة أخرى، فكلما زادت *m*، حدثت زيادة كبيرة في الإسهامات المتعلقة بالنفاذ اللاسلكي الثابت (FWA). وتتألف الإسهامات المتعلقة بالنفاذ اللاسلكي الثابت من:

- D(FWA): وقت نقل رزم IP الذي يحدث في الجزء المتعلق بالنفاذ اللاسلكي الثابت،
- D(Buff): المكون المتعلق بتأخر معالجة تعويض DV(FWA) بواسطة دارئ إزالة الارتعاش.

وقيمة D(Buff) في هذا المثال، أكبر نسبياً من D(FWA).

3.4 مثال لحساب قيمة R

كما أوضح في الفقرة 2.4، يعتمد التأخر بين النطق والسمع على عدد المحطات *m* في بعض الظروف، ومن الواضح أن قيمة R المعرفة في التوصية ITU-T G.107 تعتمد على التأخر بين النطق والسمع. ومن ثم، يمكن النظر إلى قيمة *R* على أنها تعتمد على *m*. وفي ظل الفروض المبينة في الفقرة 2.4 يرد مثال لعلاقة بين *m* وقيمة *R* عندما تكون قيم احتمالات خسارة الرزم *Ppl* هي 0، 0,1، 1,0، و3,0 في المائة على التوالي. ويعتمد عامل إعاقة المعدات الفعال المعتمد على خسارة الرزم *Ie-eff* الذي يعبر عنه بعامل إعاقة المعدات *Ie*، وعامل متانة خسارة الرزم *Bpl* وقيم *Ppl* مدرجة في الجدول 15.

والقيم الأخرى للمعلمات اللازمة لحساب قيمة *R* هي قيم التغيب الواردة في التوصية ITU-T G.107. ويفترض هنا أن متوسط التأخر لرحلة باتجاه واحد (*T*) = التأخر المطلق (*Ta*) = التأخر في رحلة ذهاب وإياب 2/(*Tr*).

ويتضمن الشكل 28 (النسق 54M) والشكل 29 (النسق 24M) تمثيلاً بيانياً لأمثلة نتائج الحسابات. عندما تكون *m* صغيرة تصبح القيمة *R* للانحطاط متساوية تقريباً في النسقين كليهما، ومع ذلك، فعندما تزيد قيمة *m*، تتزايد بشدة قيمة *R* لانحطاط النسق 24M.

الجدول 15

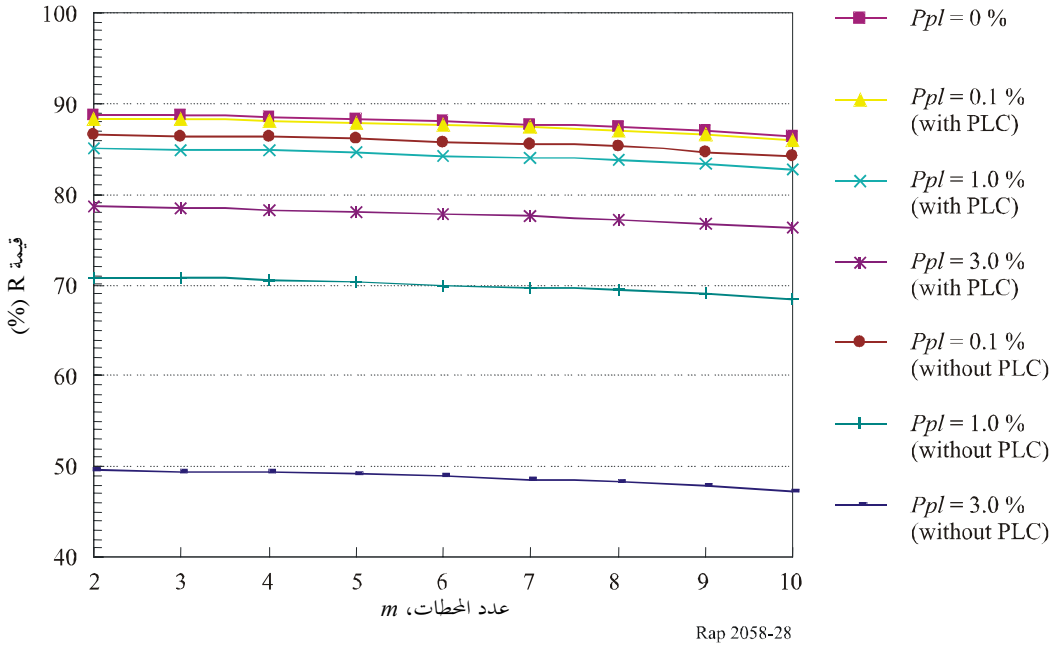
عامل إعاقة المعدات

Ie-eff	*Ppl* (%)	*Bpl*	*Ie*	PLC	Coder
0	0	25,1	0	G.711 التذييل I	G.711
0,4	0,1				
3,6	1,0				
10,1	3,0				
0	0	4,3	0	لا يوجد	G.711
2,2	0,1				
17,9	1,0				
39,0	3,0				

وقد وجد أنه عندما تكون قيمة *Ppl* صغيرة كأن تكون 0,1% مثلاً فإنه يمكن استخدام المشفر المتوافق مع التوصية ITU-T G.711 بدون إخفاء خسارة الرزم لإجراء الاتصالات الصوتية. ومع ذلك، وفي الظروف التي تكون فيها خسارة الرزم كبيرة، ستكون هناك حاجة إلى إخفاء خسارة الرزم. ويؤدي إخفاء خسارة الرزم إلى تحسين انحطاط قيمة *R* ويحافظ على قيمة *R* عند أكثر من 70%.

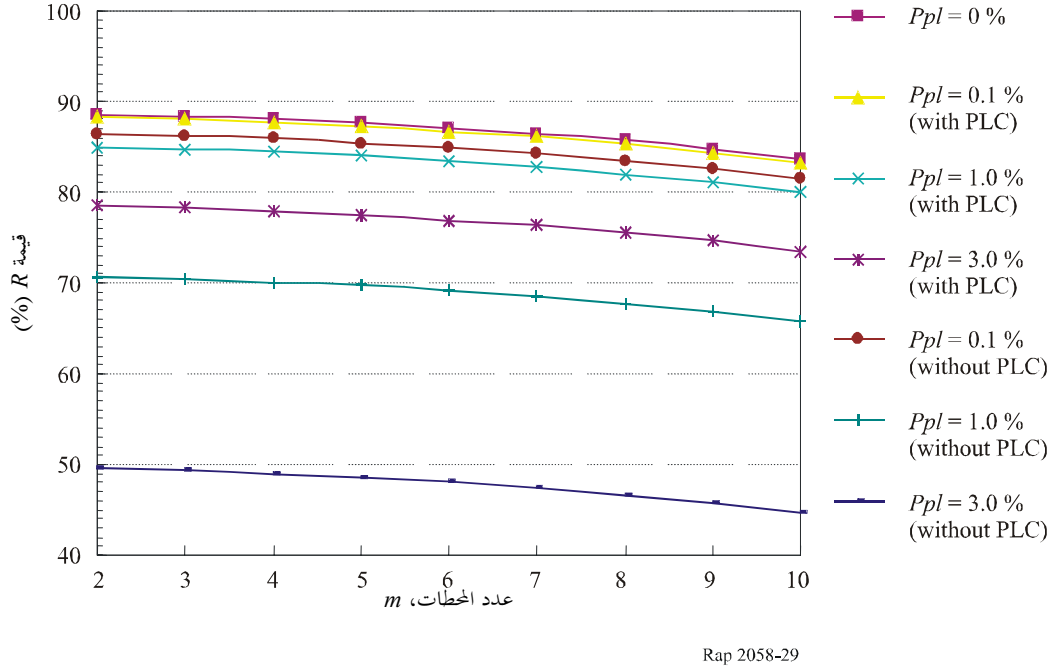
الشكل 28

مثال لحسابات قيمة R (CSMA/CA، النسق 54M)



الشكل 29

مثال لحسابات قيمة *R* (CSMA/CA، النسق 24M)



الملحق 6

تقنيات لتحسين كفاءة استخدام الطيف

1 مقدمة

تتولد الخلايا بطريقة غير متزامنة في أنظمة أسلوب النقل غير المتزامن. ويتم إدخال خلايا خاملة عندما ينقل قطار الخلايا على خطوط نقل عريضة النطاق على النحو المبين في الشكل 30. وفي هذه الحالة يتم الحفاظ على فترات خلوية صحيحة وعلى تغير مهلة الخلايا. إلا أن هذه الطريقة غير مناسبة للأنظمة اللاسلكية من وجهة نظر كفاءة استخدام الطيف. وهي فعالة لإزالة الخلايا الخاملة من أجل زيادة كفاءة استخدام الطيف. ويقدم هذا القسم طرائق للمحافظة على تغير مهلة الخلايا (CDV) من دون إدخال خلايا خاملة. وهي أمثلة لنهج مختلفة ممكنة.

وإزالة الخلايا الخاملة ضروري لضمان كفاءة استخدام الطيف. وينبغي اعتبار الخلايا الخاملة طبقة مادية تملأ لكي يتم إرسالها عند عدم توفر شيء مفيد لإرساله. وعلى أي حال، فإن إزالة الخلايا الخاملة لا تعني أن من الضروري إرسال خلايا أسلوب النقل غير المتزامن في شقات يزيد طول كل منها عن خلية واحدة، لأن إرسال خلايا أسلوب النقل غير المتزامن في رشقات أطول من خلية واحدة يؤدي إلى تأخر غير مقبول. ففي كل مرة يصبح فيها من الضروري تكوين رشقة (كما في حالة القناة الموجودة أعلى المجرى لنظام P-MP) يتعين أن تكون الرشقات بطول خلية منفردة.

وتشمل الطرائق الممكنة لتفادي الخلايا الخاملة على القنوات الراديوية ما يلي:

- تعدد الإرسال الإحصائي (إذا كان معدل بتات القناة الراديوية مقارباً في القيمة لمعدل بتات السطح البيني للنطاق الأساسي).
- تخصيص معدل منخفض كثيراً للقناة الراديوية.

2 تعدد الإرسال الإحصائي

في حالة وجود تعدد الإرسال الإحصائي (الاستخدام المشترك الوسط المادي بين أكثر من وصلة/محطة) وتقارب معدل بتات القناة الراديوية مع معدل السطح البيني للنطاق الأساسي (أو عندما لا يكون أبطأ منه كثيراً، فإنه يمكن خفض الفاقد الناجم عن الخلايا الخاملة دون إدخال تغير في الخلايا. وسوف تقوم وصلة/محطة ثانية باستخدام الفجوة الزمنية غير المشغولة بالمحطة الأولى وهكذا. ويقدم الشكل 30 مثالاً لوصلة واحدة: يمكن استعمال الفجوات الزمنية التي خلت بإزالة الخلايا الخاملة (المميزة بالعلامة "*") بواسطة وصلات/محطات أخرى على القناة الراديوية.

3 خفض معدل البتات على القناة الراديوية

إذا قل معدل بتات القناة الراديوية كثيراً عن معدل بتات السطح البيني للنطاق الأساسي في كل محطة طرفية، ستحدث خسارة تحبب في المعلومات الوضعية للخلايا؛ ويمكن استخدام تقنية مماثلة للتقنيات الموصوفة أدناه لاستعادة المعلومات؛ وربما لا يلزم هذا إلا إذا زاد انخفاض معدل البتات (عن 10 أضعاف) وكان "التشتت" مرتفعاً (رشقات طويلة عند ذروة معدل الخلايا (PCR) متبوعة بفترات سكون طويلة). ويمكن أيضاً ملاحظة أن PCR التي يتم التفاوض بشأنها ينبغي ألا تزيد عن معدل القناة الراديوية (قبول التوصيل والتحكم فيه مسؤول عن ذلك) وفي هذه الفرضية، لا تنشأ المشكلة. وإذا كان المطلوب هو السماح بأن تزيد قيمة PCR عن معدل السطح البيني الراديوي فإنه يمكن استخدام إحدى التقنيات التالية. وهي مقدمة هنا على سبيل المثال.

أما إذا كان معدل بتات القناة الراديوية يقل كثيراً عن معدل بتات السطح البيني للنطاق الأساسي، فإن الخلايا الخاملة تزال في جانب الإرسال غير أنه يتعين إعادة إدخالها عند المستقبل. وفي جانب الاستقبال هناك طريقتان للتفاوض بشأن الخلايا الخاملة.

أ) الفترة العادية

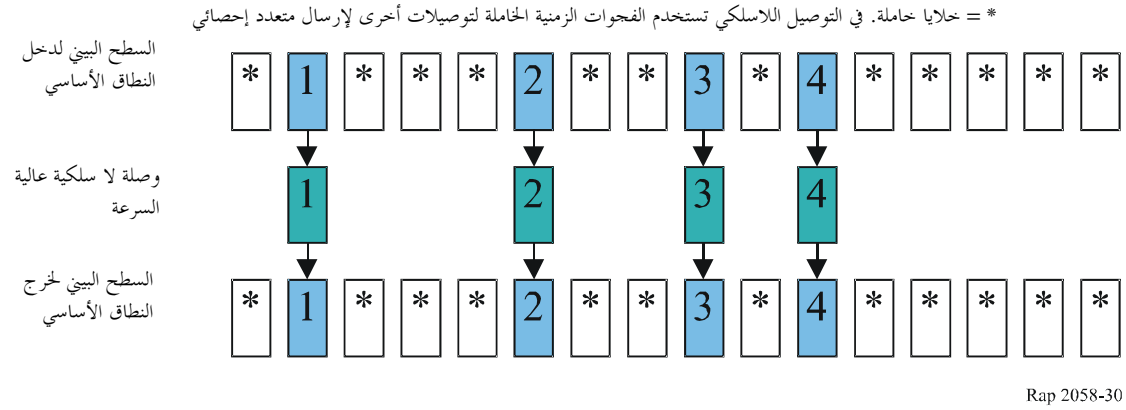
في هذه الطريقة يتم الإبقاء على فترة الخلية الصحيحة ثابتة في جانب المستقبل على النحو المبين في الشكل 31. وهذه الطريقة مناسبة لمعدل بتات ثابت مع فترة خلية ثابتة ومعدل بتات غير محدد يعمل بصورة مستقلة عن تغير مهلة الخلايا. ومزية هذه الطريقة هي سهولة السيطرة على الوظيفة. ومن جهة أخرى، فإن أحد عيوب هذه الطريقة الانحطاط في الأداء بسبب تغير مهلة الخلايا في خدمة VBR.

ب) الطبعة الزمنية

في هذه الطريقة، يتولد توقيت المعلومات وفقاً للفجوة الزمنية لكل خلية، وتطبع هذه المعلومات على الخلية على جانب المرسل على النحو المبين في الشكل 32. ويتحكم التحكم بدقة في فترات الخلايا وفقاً للطبعة الزمنية على جانب المستقبل. ومزية هذه الطريقة هي المحافظة على تغير مهلة الخلايا (CDV). وعيوب هذه الطريقة هي تناقص كفاءة الإرسال بسبب البيانات الإضافية اللازمة لإرسال الطبعات الزمنية والتأخر الإضافي اللازم لمعالجة التقلبات (قيمة التأخر الإضافي ترتبط بالتقلبات في تغير مهلة الخلايا (CDV) والطول الأقصى للرشقة على جانب السطح البيني للنطاق الأساسي ومن ثم لا يمكن التحكم فيه بسهولة).

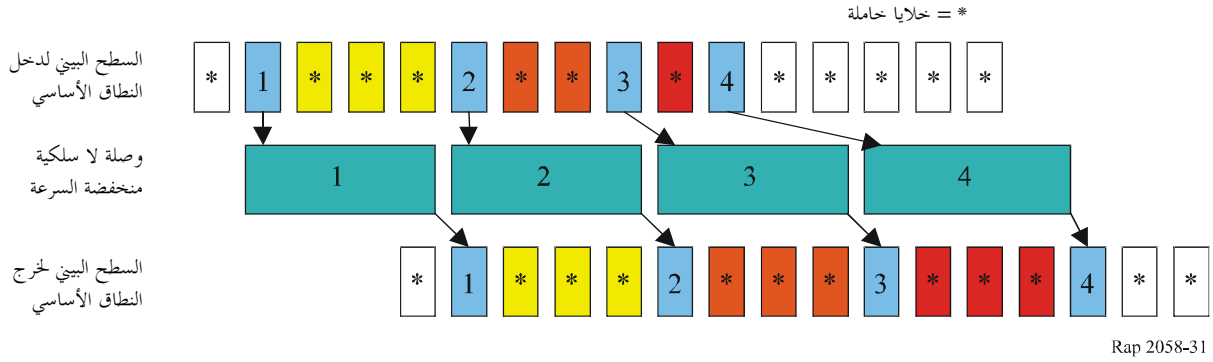
الشكل 30

وصلة لاسلكية عالية السرعة برشقة طولها خلية واحدة
وإرسال متعدد إحصائي



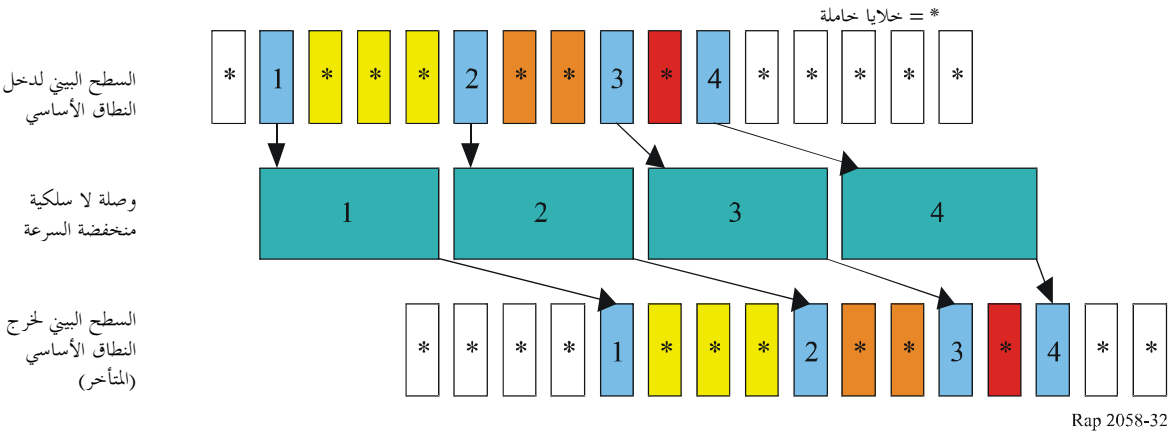
الشكل 31

وصلة لاسلكية منخفضة السرعة برشقة طولها خلية واحدة
وفي عدم وجود طبعة زمنية (عدم المحافظة على تغير وقت انتشار الخلايا)



الشكل 32

وصلة لاسلكية منخفضة السرعة برشقة طولها خلية واحدة
وفي وجود طبعة زمنية (المحافظة على تغير وقت انتشار الخلايا)



الملحق 7

تقنيات تصحيح الخطأ في نظام FWA قائم على أسلوب النقل غير المتزامن

1 طلب التكرار أوتوماتياً لنظام النفاذ اللاسلكي الثابت القائم على أسلوب النقل غير المتزامن

1.1 مقدمة

طلب التكرار أوتوماتياً (ARQ) هو إحدى تقنيات التحكم في الأخطاء. ويحتاج طلب التكرار أوتوماتياً شفرة للكشف عن الخطأ ورقم مسلسل لكل خلية. وتتولد الأرقام المسلسلة وفقاً لترتيب الخلايا وتضاف إلى كل خلية صحيحة في جانب الإرسال. وعندما تفقد خلية صحيحة، يطلب المستقبل إعادة إرسال الخلية المفقودة إلى جانب الإرسال. وبعد إعادة الإرسال، يعاد ترتيب الخلايا وفقاً للرقم المسلسل.

ويكون طلب التكرار أوتوماتياً فعالاً في حالة الخدمات التي تتم في غير وقتها الحقيقي. غير أن يمكن تطبيق استراتيجية سريعة لطلب التكرار أوتوماتياً بعدد محدود من تكرار المحاولات على الخدمات التي تتم في وقتها الحقيقي.

وينبغي تقييم مقارنة طلب التكرار أوتوماتياً مقابل التصحيح الأمامي للأخطاء فقط أو تقييم مجموعة من تقنيين.

والعيب الرئيسي لطلب التكرار أوتوماتياً مع أسلوب النقل غير المتزامن (ATM) هو التأثر؛ ولتجنب تغير مهلة الخلايا يتعين إضافة قيمة تأخر ثابتة تساوي الحد الأقصى لوقت الإرسال (أو وقت إعادة الإرسال للعدد الأقصى من المرات) عند المستقبل.

وفي نظام لأسلوب النقل غير المتزامن (ATM) توجد عادة خدمات بمتطلبات تأخر صارمة وخدمات أقل حساسية للتأخر؛ ويجب أيضاً مراعاة متطلبات خسارة الخلايا.

ويقترح الفريق العامل لأسلوب الإرسال اللاسلكي غير المتزامن التابع لمنتدى أسلوب النقل غير المتزامن المتطلبات التالية باعتبارها متطلبات بالغة الصرامة[1]:

	الخدمات التي تتم في الوقت الحقيقي	الخدمات التي تتم في غير الوقت الحقيقي
معدل خسارة الخلايا	10^{-7}	10^{-9}
التأخر	10 ms	500 ms أو أكثر

وهناك خياران متاحان: تحديد استراتيجية سريعة لطلب التكرار أوتوماتياً لكل الحركة أو العمل بطلب التكرار أوتوماتياً في حالة الخدمات التي تتم في غير الوقت الحقيقي فقط.

وخيار قصر استعمال طلب التكرار أوتوماتياً على الخدمات التي تتم في غير الوقت الحقيقي فقط يعني أن القناة الراديوية يجب أن تهيأ (من حيث قدرة الإرسال وطاقة التصحيح الأمامي للأخطاء) لكفالة نسبة خسارة للخلايا تقل عن 10^{-7} بدون طلب التكرار أوتوماتياً؛ ويتيح استعمال طلب التكرار أوتوماتياً للخدمات التي تتم في غير الوقت الحقيقي التقليل من معدل خسارة الخلايا للخدمات التي تتم في غير الوقت الحقيقي لتصل القيمة المطلوبة إلى 10^{-9} وهي قيمة تقابل كسباً يراوح 0,5-1 dB (على قناة غوسية؛ ومن ثم فهو يوفر مزية هامشية فقط (يمكن الحصول على نفس الكسب بزيادة طفيفة في القدرة أو في طول التصحيح الأمامي للأخطاء)، فضلاً عن أنه معقد.

---

[1] نص منتدى أسلوب النقل غير المتزامن لخط الأساس بشأن مواصفات أسلوب الإرسال اللاسلكي غير المتزامن، فبراير 1998، (ATM Forum BTD-WATM-01.06)

ويمكن أيضاً أن يؤدي تقييد طلب التكرار أوتوماتياً إلى حالات يكون فيها النظام عاطلاً عن العمل بالنسبة لمعدل البتات الثابت ويكون شغالاً بالنسبة لمعدل البتات غير المحدد. ويمثل هذا سبباً رئيسياً للتساؤل الذي يطرح عن جدوى إعادة الإرسال التي تتسم بالبطء والانتقائية على مدى نوع الخدمة.

ويوصى باعتبار طلب التكرار أوتوماتياً الذي يتسم بالتكرار الانتقائي السريع مع إمكانية إعادة إرسال جميع أنواع الحركة كأمر اختياري ولا سيما من أجل مواكبة القنوات التي تتأثر برشقات الأخطاء (التي يسودها الخبو والتداخل) وسيتيح عدد أقصى من عمليات إعادة الإرسال وعدد أقصى من تأخر إعادة الإرسال، يمكن من حيث المبدأ أن يختلفا من وصلة إلى وصلة. وأن تنخفض قيمتهما إلى صفر = عدد مرات إعادة الإرسال) التعامل مع الوصلات بمتطلبات مختلفة.

وينبغي إيلاء كامل العناية الممكنة لتسريع عمليات إعادة الإرسال إلى أقصى حد ممكن من أجل زيادة عدد الوصلات التي تعالج بأسلوب طلب التكرار أوتوماتياً (ARQ).

ويمكن إثبات أنه إذا كانت القناة غوسية، فإن مزية طلب التكرار أوتوماتياً تكون محدودة مقارنة بالتصحيح الأمامي للأخطاء الذي له نفس الأعباء الإدارية العاملة أو تصحيح أمامي أطول للأخطاء إذا استخدمت مقترنة. ويكون طلب التكرار أوتوماتياً قويا في بيئة رشقات الأخطاء. وتكون الترددات المنخفضة ولا سيما للنفاذ المتنقل ولكن أيضاً للنفاذ الثابت عرضة للضوضاء التي هي من صنع الإنسان، وللتداخل، والخبو المتعدد المسير، كما أن رشقات الأخطاء شائعة عند هذه الترددات. وتكون الترددات العالية أقل تعرضاً لأنواع الضوضاء المذكورة أعلاه ولذا فهي تعتبر عادة بيئات لضوضاء غوسية بيضاء.

وينبغي تزكية طلب التكرار أوتوماتياً (اختيارياً) للترددات المنخفضة ولكن ليس للترددات المرتفعة (فوق 18 GHz).

وينبغي إيلاء عناية خاصة لتنفيذ طلب التكرار أوتوماتياً في الإرسال المتعدد بتقسيم الزمن (في P-MP، في P-P على السواء)، لأنه يتسبب في تأخيرات كبيرة (أرتال الإعداد والتنفيذ) التي يزد طولها عن خلية ATM واحدة تكون متوقعة ومن ثم يتأخر الإشعار بالاستلام وإعادة الإرسال دائماً بمقدار زمن الرتل. ويوصى بالنظر في طلب التكرار أوتوماتياً في أنظمة الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن إلا عند الاقتضاء.

2.1 مقارنة بين نهجين مختلفين لطلب التكرار أوتوماتياً

عموماً هناك طريقتان لطلب التكرار أوتوماتياً، هما طريقة العودة على الوراء بمقدار n وطريقة التكرار الانتقائي – ومخططا الطريقتين مبينان في الشكلين 33 a) و33 b) على التوالي. في طريقة العودة إلى الوراء يعطي المستقبل إلى المرسل الرقم المسلسل لأول خلية خطأ كإشعار استلام سالب. في طريقة التكرار الانتقائي، يقوم المستقبل، لدى استقبال إشعار استلام سالب بإعادة إرسال خلية الخطأ فقط.

وبالإضافة إلى هاتين الطريقتين، يمكن أن تكون هناك الطريقة التي يتلقى فيها المرسل من المستقبل تأكيداً بالخلايا التي تم استلامها بنجاح واحدة بواحدة، ولا يقوم بإرسال الخلايا التالية إلا بعد وصول الخلايا السابقة إلى المستقبل (انظر الشكل c33). وهذا لا يمكن أن يقبل في أنظمة النفاذ اللاسلكي الثابت التي تستخدمه أسلوب النقل غير المتزامن وجهة نظر استخدام الترددات.

وتحتاج طريقة التكرار الانتقائي إلى تحكم أكثر تعقيداً في طلب التكرار أوتوماتياً مقارنة بطريقة العودة إلى الوراء، ولكنها أكثر كفاءة. ويبين الشكل 34 خصائص كفاءة الإرسال لطريقة العودة إلى الوراء لبعض انساق الأرتال القائمة على نفاذ الإرسال المتعدد بتقسيم الزمن، بافتراض خطأ عشوائي. وصبيب التكرار الانتقائي يساوي صبيب العودة إلى الوراء عندما تكون $N_{output} = 1$ ويكون مستقلاً عن N_{output} حيث N_{output} تعبر عن عدد الخلايا التي تم إرسالها أثناء فترة طلب التكرار أوتوماتياً (أي رتل نفاذ الإرسال المتعدد بتقسيم الزمن). وفي هذا الحساب، لا يوجد تحديد لعدد عمليات التكرار. ويفترض وجود قدرة دارئة غير محدودة عند المرسل. وللتبسيط، يهمل الحجم المرسل من المعلومات المتعلقة بإشعارات الاستلام. ومع ذلك، فإذا كان الاتجاه السائد هو حدوث الأخطاء في شكل رشقات بدلاً من حدوثها بصورة عشوائية، يقل الفرق بين هاتين

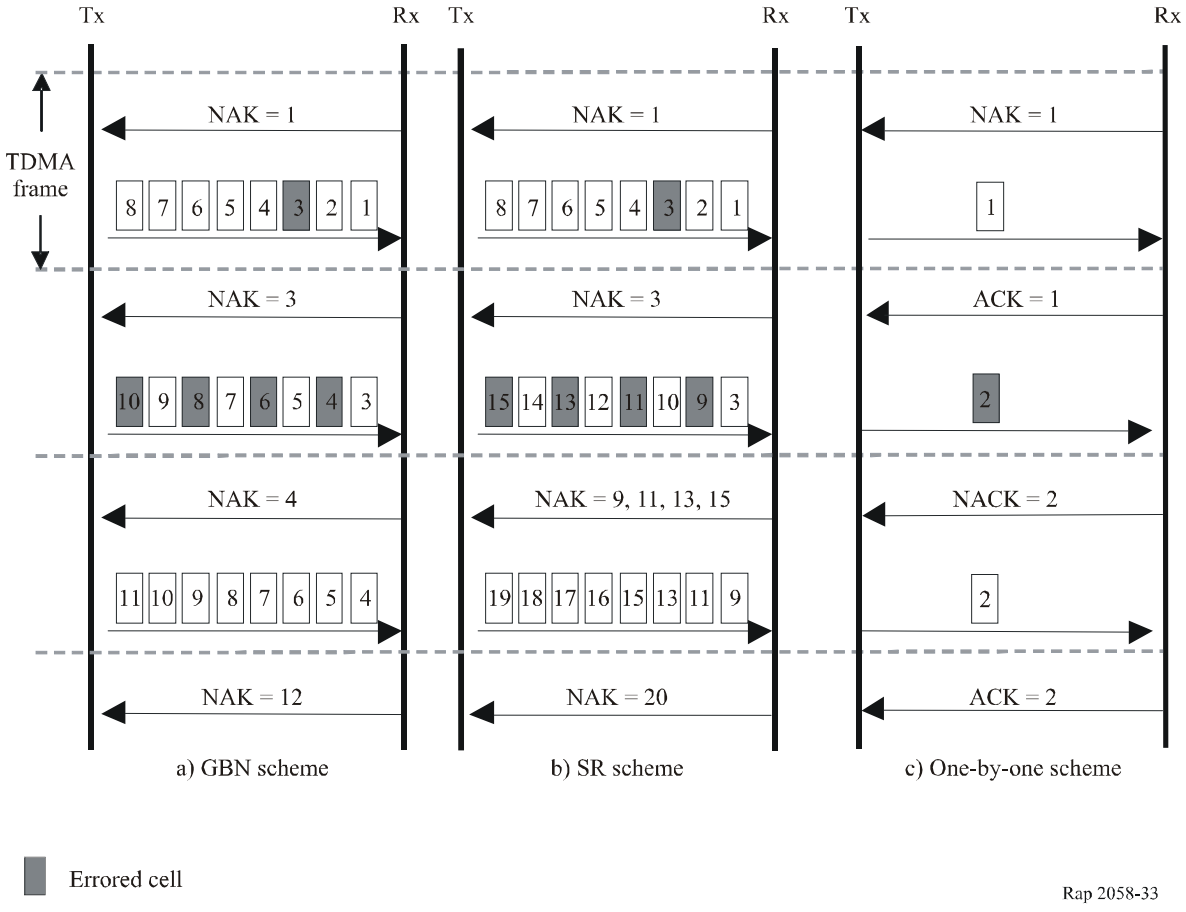
الطريقتين. وكما هو موضح في الشكل 34، وعند توفر شرط ارتفاع قيمة نسبة الخطأ في البتات، يحدث انحطاط كبير في خصائص الإرسال لطريقة العودة إلى الوراء مقارنة بطريقة التكرار الانتقائي. ومن ثم، فإن من المستصوب استخدام طريقة التكرار الانتقائي لطلب التكرار أوتوماتياً.

3.1 طرائق إرسال التبليغ عن الخطأ من المستقبل إلى المرسل

من الشائع في التكرار الانتقائي أن يبلغ المستقبل المرسل عن طريق إشعار بالاستلام بالأرقام المسلسلة للبيانات (الخلايا، في هذه الحالة)، التي وصلت إلى المستقبل. غير أن المعلومات المتعلقة بإشعارات الاستلام لجميع الخلايا المرسلة قد تكون ضخمة جداً في الأنظمة اللاسلكية التي تعمل بأسلوب النقل غير المتزامن التي تناقش في هذه الوثيقة، وذلك لضخامة عدد الخلايا التي تدار بأسلوب طلب التكرار أوتوماتياً. وفي هذه الحالة تشغل معلومات الإشعار بالاستلام دائماً جزءاً كبيراً من عرض نطاق القناة. ومن ثم، فإن الطريقة التي يبلغ بها المستقبل المرسل بإشعارات الاستلام السالبة (NAK) لبيان الخلايا لم يتسلمها المستقبل تعد مستصوبة من وجهة نظر كفاءة استعمال الترددات، (يفرض أن تواتر إعادة الإرسال يقل عن 1% ولذا لا يتم إرسال إشعار استلام سالب إلا كل 100 خلية).

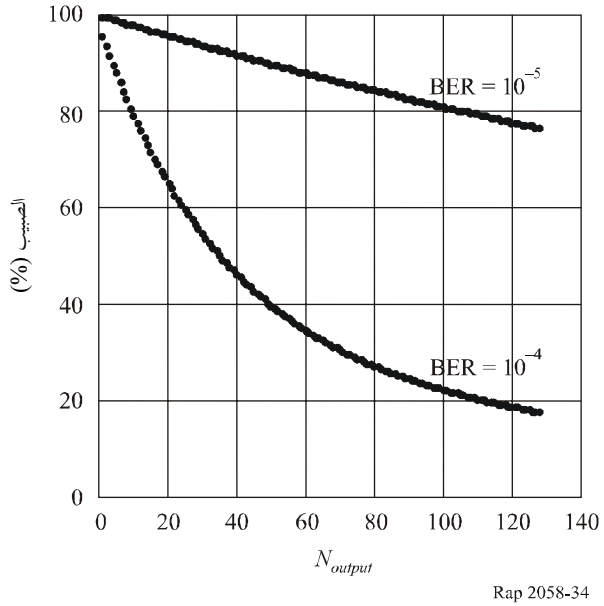
الشكل 33

المخططات الأساسية لطلب التكرار أوتوماتياً



الشكل 34

العلاقة بين N_{output} والصبيب في طريقة العودة إلى الوراء GBN[2]



واستعمال إشعارات الاستلام السالبة (بدون إشعارات استلام) للتقليل من الحركة المتعلقة بإشعارات الاستلام يتطلب مزيداً من التفاصيل: إشعار استلام سلبي للخلية 2 لا يمكن أن يصدر إلا بعد استقبال الخلية 3؛ فإذا فقد إشعار الاستلام السلبي أو فقدت إعادة الإرسال الأولي، يجب تكرار إشعار الاستلام السلبي بواسطة المستقبل بعد فترة مستقطعة. وقد تكون الفترة المستقطعة هذه قصيرة إذا خصصت أعلى أولوية لإشعارات الاستلام السلبية وعمليات إعادة الإرسال.

ثمة مشكلة أخرى يتعين التصدي لها عند اختيار استخدام إشعار الاستلام السلبي فقط وهي: أنه يتعين على المرسل أن يحافظ على الخلية في الدارئ ريثما يتأكد من أنه لن يتم تسليم إشعار الاستلام السلبي. وللأسف، وفي ضوء احتمال فقد إشعار الاستلام السلبي، فإن هذا يعني أنه يجب الإبقاء على الخلية لحين انتهاء الفترة المستقطعة (الطويلة). ويجب أن تكون الفترة المستقطعة هذه أطول من الحد الأقصى لوقت إعادة الإرسال أو الوقت اللازم للعدد الأقصى لعمليات إعادة الإرسال. ويجب إضافة نفس قيمة الدارئ (ومن ثم تأخر ثابت) في المستقبل لإتاحة الفرصة لإعادة البناء دون إدخال تغير في مهلة الخلايا.

وعلى الرغم مما ذكر أعلاه، فإن مشكلة الحركة المتعلقة بالإشعار بالاستلام وخاصة من نقطة إلى عدة نقاط في اتجاه التمهيد تكون مهمة جداً، ولكن إشعارات الاستلام السلبية تعطي فكرة جيدة عن كيفية التعامل معها، وإن كان لها بعض العيوب. ثمة طريقة أخرى تتمثل في اعتماد أسلوب تراكمي للإشعار بالاستلام. ويسبب هذا الأسلوب أداءً متوسطاً بين طريقة العودة إلى الوراء وطريقة التكرار الانتقائي ولكنه يجمع بين مزية قلة الحركة المتعلقة بإشعارات الاستلام وصغر الدارئ.

---

2 OHTA, A. *et al*. [May 1998] PRIME ARQ: A Novel ARQ Scheme for High-speed Wireless ATM – Design, implementation and performance evaluation, VTC'98, p. 1128-1134.

4.1 تجنب التكرار المفرط

يتم التعامل في الإرسال اللاسلكي غير المتزامن مع أنواع عديدة من الخدمات، لكل واحدة منها متطلبات مختلفة بالنسبة لنوعية الخدمة. ويجري حاليا في بعض المنظمات المعنية بوضع المعايير تحديد النوعية المطلوبة من الخدمات التي تتم في الوقت الحقيق مثل معدل البتات (CBR) أو معدل البتات المتغير (rt-VBR) في الأنظمة التي تعمل بأسلوب الإرسال اللاسلكي غير المتزامن. وفي مندى أسلوب النقل غير المتزامن، وتعوض القيم المطلوبة من مهلة نقل الخلايا (CTD) ومعدل خسارة الخلايا (CLR) في أشد حالات CBR أو rt-VBR على أنها 10 ms و10^{-7} على التوالي. وإضافة إلى ذلك، ووفقاً للتوصية ITU-T I.356، ينبغي أن يقل معدل خسارة الخلايا عن 10^{-8} لأكثر الرتب شدة. ومن أجل تعزيز التكيف مع مجال النفاذ اللاسلكي الثابت، من المستصوب أن يستوفي معدل خسارة الخلايا الخصائص المشار إليها أعلاه في البيئات اللاسلكية ذات الأخطاء المرتفعة عن طريق تصويب الأخطاء باستخدام أسلوب التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) و/أو طلب التكرار أوتوماتياً (ARQ).

وكما ذكر أعلاه، يكون وقت التأخر المسموح به صغيراً في الخدمات التي تتم في الوقت الحقيقي. و لم يعد من المفيد الإفراط في محاولات طلب التكرار أوتوماتياً خلال وقت التأخر المسموح به. ومن ثم ينبغي أن يراقب المستقبل عدد مرات التكرار أو وقت التأخر، وعندما تزيد قيمة أي منهما عن القيمة المسموح بها ينبغي أن يتوقف المستقبل عن إصدار إشعارات الاستلام السلبية (وأن يقوم المرسل بإهمال الخلايا الآتية من دارئة بعد نفس وقت التوقف).

2 تصحيح الخطأ في نقل خلية بأسلوب النقل غير المتزامن

1.2 اعتبارات عامة

في النفاذ اللاسلكي الثابت لنقل الخلايا بأسلوب النقل غير المتزامن، ينبغي تلبية أغراض أداء طبقة أسلوب النقل غير المتزامن فضلاً عن أغراض أداء الطبقة المادية. ويجري حالياً دراسة العلاقة بين معلمات الأداء في كلتا الطبقتين في إطار المسألة ITU-R 210/9 وبصفة خاصة، يتعين أن يكون النظام مصمماً لتحقيق هدفين المتعلقين بمعدل خسارة الخلايا ومعدل خطأ الخلايا الواردين في التوصية ITU-T I.356.

2.2 التصحيح الأمامي للأخطاء مقابل التحكم في أخطاء الرأسية وتأثيرات التشفير التفاضلي

في أسلوب النقل غير المتزامن (ATM) لنقل الخلايا، يطبق التحكم في أخطاء الرأسية (HEC) عادة على الجزء الخاص بالرأسية ولذا يمكن تصحيح خطأ قدره بتة واحدة في الجزء الخاص بالرأسية ليسفر عن عدد أقل بكثير في نتائج خسارة في الخلايا (LCO) وعن خلايا أدخلت في غير موضعها.

ومع ذلك، يجدر الملاحظة بأن التحكم في أخطاء الرأسية لا يكون مؤثراً عندما يستخدم أسلوب النفاذ اللاسلكي الثابت التشفير التفاضلي الذي يؤدي فيه خطأ واحد في الشفرة على خطأين ملاصقين في البتات، وقد يؤدي هذا إلى أن يصبح التحكم في أخطاء الراسية غير فعال ومن ثم، يؤثر على أداء معدل خسارة الخلايا (CLR) ومعدل إدراج الخطأ للخلايا (CMR) للنظام ويجدر بالإشارة أيضاً أن التحكم في أخطاء الرأسية قد لا يكون قوياً بالقدر الكافي بالنسبة لمعظم التطبيقات اللاسلكية وأنه ينبغي إضافة أسلوب أقوى للتصحيح الأمامي للأخطاء إلى كامل خلية أسلوب النقل غير المتزامن.

ويطبق التصحيح الأمامي للأخطاء كطريقة تصحيح لكامل خلية أسلوب النقل غير المتزامن ويكون قادراً عادة على تصحيح أخطاء عديدة. وعند تطبيقه. فإنه يحل مشكلة التشفير التفاضلي. وعلاوة على ذلك، إذا تم إدخال التصحيح الأمامي للأخطاء، يصبح التحكم في أخطاء الرأسية غير لازم ويمكن التخلص منه، ويمكن التحقق بسهولة أن التصحيح الأمامي للأخطاء الذي يزيد طوله بمقدار بتة واحدة يكون دائماً أقوى من التصحيح الأمامي والتحكم في أخطاء الرأسية مجتمعين.

ويشير هذا إلى تطبيق التصحيح الأمامي للأخطاء وإزالة التحكم في أخطاء الرأسية كلما تيسر ذلك. وإذا لم يطبق التصحيح الأمامي للأخطاء واستخدام التشفير التفاضلي فيرد أدناه وصف لطريقة لجعل التحكم في أخطاء الرأسية يعمل في بيئة مشفرة تفاضلياً.

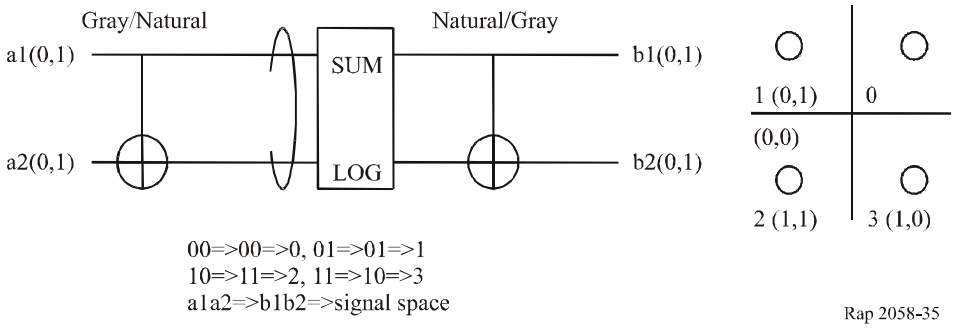
3.2 مثال لطريقة لتجنب تأثيرات التشفير التفاضلي عند تطبيق التحكم في أخطاء الرأسية بدون التصحيح الأمامي للأخطاء

رغم وجود مسيرات رقمية لا يكون التشفير التفاضلي ضرورياً لها، فإنه ضروري في حالات كثيرة أخرى للتشفير التفاضلي. ولتجنب انتشار الخطأ داخل أي خلية مفردة، سيكون من الضروري اعتماد إحدى طرائق معالجة إشارة البتات بين تدفقات خلايا أسلوب النقل غير المتزامن. ويرد أدناه مثال لهذه الطريقة.

ويستخدم التشفير التفاضلي عموماً من أجل إزالة عدم التيقن من طور الموجة الحاملة المستعادة. وفي هذا النظام يتم مقابلة إشارة التشكيل يجيز الإشارة وفقاً لمجموع إشارتين متلاصقتين. وفي جانب المستقبل، يحسب الفرق بين إشارة المستقبل والإشارة السابقة عليها وتحسب عمليتي الجمع والتفاضل باستخدام الخوارزمية المنطقية للوحدة النمطية 4 (modulo-4). وحتى إذا كان هناك عدم تيقن قدره 90° فإنه يتلاشى لأن الموجات الحاملة المستعادة للإشارتين المتلاصقتين يكون لهما نفس الطور، ويوضح الشكل 35 هذه العلاقات.

الشكل 35

التشفير التفاضلي



ومع ذلك، فعند استخدام التشفير التفاضلي، قد ينتقل أي خطأ بتات في إشارة الاستقبال إلى فجوتين زمنيتين متعاقبتين على النحو المبين أدناه.

الشكل 36

خطأ تعاقبي ناتج عن التشفير التفاضلي

b1 OOOXOOO=>a1 OOOXOOO or OOOXXOO or OOOOXOO or OOOOOOO
b2 OOOOOOO=>a2 OOOOXOO or OOOOOOO or OOOXOOO or OOOXXOO

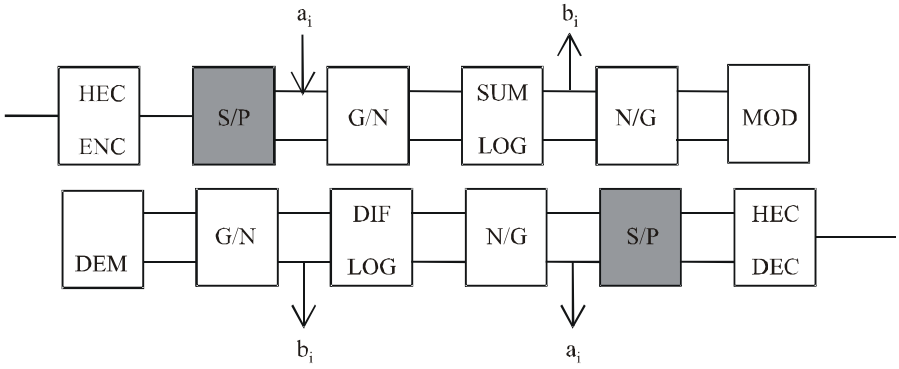
X: error, O: no error

Rap 2058-36

ومن جهة أخرى، يمارس التحكم في أخطاء الرأسية في رأسية خلية أسلوب النقل غير المتزامن. ويعالج التحكم في أخطاء خارج عملية التشفير التفاضلي كما في الشكل 37، ويتأثر بالخطأ التعاقبي المشار إليه أعلاه نتيجة للتشفير التفاضلي. ولأن التحكم في أخطاء الرأسية يستخدم هذه الوظيفة لتصحيح الأخطاء الوحيدة البتة وللكشف عن الأخطاء التي تزيد عن بتة واحدة، فإن تأثير تصحيح الأخطاء سوف يتدهور بشدة إذا كانت الأخطاء المتعاقبة المشار إليها أعلاه ناتجة عن تشفير تفاضلي.

الشكل 37

عملية التحكم في أخطاء الرأسية لخلية أسلوب النقل غير المتزامن

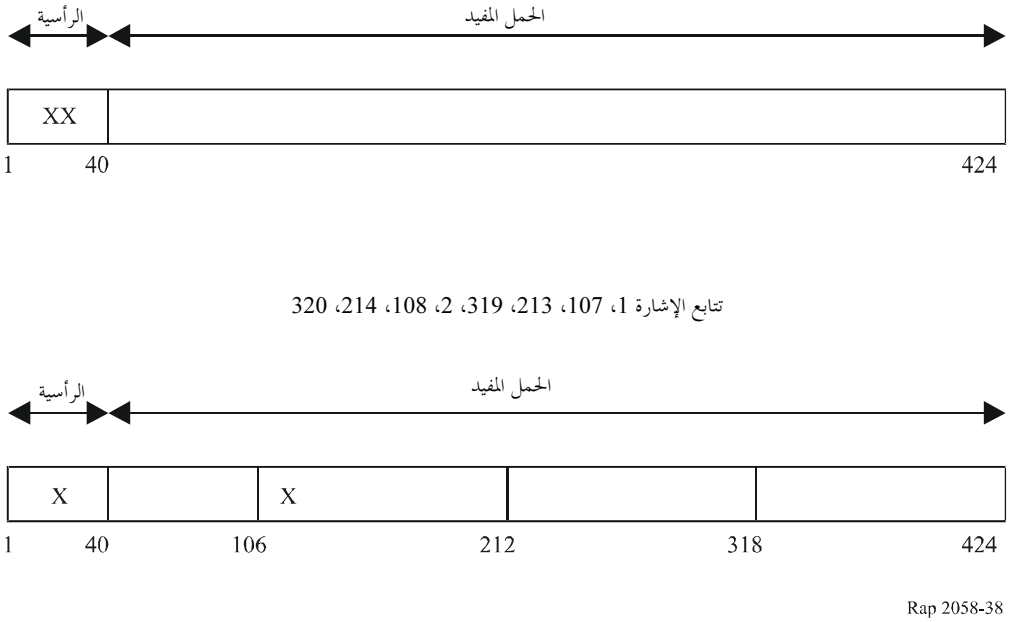


Rap 2058-37

ولتفادي تدهور التحكم في أخطاء الرأسية، فإن تشفير البتات يكون فعالاً كما هو مبين في الشكل 38 وتؤدي عملية تشفير البتات إلى تحطيم البتات المتعاقبة للرأسية وللحمل المفيد داخل الخلية. ويؤدي هذا على تحطيم بتات الخطأ التعاقبية للرأسية والحمل المفيد، ليسفر عن خطأ وحيد البتة في الرأسية وعن تحسن احتمال نجاح عمليات تصحيح الخطأ. وفي الشكل 38، تنقسم الخلية إلى أربعة بافتراض تشفير تفاضلي QPSIC.

الشكل 38

تشذير البتات داخل خلية – أسلوب النقل غير المتزامن



Rap 2058-38