IEEE WCET

IEEE Wireless Communication Engineering Technologies Certification

2019

Candidate’s

Handbook

**QUICK REFERENCE GUIDE**

**Contact Information**

**IEEE WCET Certification Program** IEEE Communications Society (IEEE ComSoc)  3 Park Avenue, 17th Floor

New York, NY 10016 USA

Tel: +1 212 705 8900

Fax: +1 212 705 8999

email: cert@comsoc.org

website: www.ieee‐wcet.org

**Pearson VUE**

website: www.pearsonvue.com/wcet  Contact Pearson VUE to schedule your test  after you receive your *Authorization to  Schedule* email.

| **Important  2019 Dates** | **Testing Window** | **Application Period** | **Application Deadline** |
| --- | --- | --- | --- |
| 22 April –  18 May 2019 | 2 January 2019 –  5 April 2019 | 5 April 2019 by  23:59 p.m. UTC |
| 23 September –   19 October 2019 | 22 April –  6 September 2019 | \6 September 2019 by  23:59 p.m. UTC |

**Examination and Other Fees**

IEEE WCET total examination fee for IEEE and IEEE ComSoc members    IEEE WCET total examination fee for nonmembers

Online practice examination

*Starting in 2017, the recertification period is three years. See page 22 for information  about recertifying depending on whether you currently hold a three‐year or a five‐year  certification.*

Recertification fee for IEEE and IEEE ComSoc members

Recertification fee for nonmembers

**\*A nonrefundable US$175 application fee is included in the total examination fee.**

US$450\*  US$550\*

US$50

US$180  US$210

**Application, Scheduling/Rescheduling, Withdrawal, Refund, and Other Information  Apply for the IEEE WCET certification** Visit www.ieee‐wcet.org/apply

**Update your contact information** Email cert@comsoc.org

**Schedule an appointment** Visit www.pearsonvue.com/wcet after receiving your Authorization to  Schedule notice and continue online or by calling the appropriate office

which can be found at www.pearsonvue/pti/contact

**Cancel or reschedule an appointment** Visit www.pearsonvue.com/wcet after receiving your Authorization to  Schedule notice and continue online or by calling the appropriate office,

which can be found at www.pearsonvue/pti/contact

**Withdraw your IEEE WCET certification  application (no appointment)**

Send an email to cert@comsoc.org with “WITHDRAW WCET APPLICATION” in the Subject line

**Refund requests** Send an email to cert@comsoc.org with “WCET EXAM REFUND REQUEST”  in the Subject line

**Special accommodation request** Send an email to cert@comsoc.org with “SPECIAL ACCOMMODATION  REQUEST” in the Subject line

**For Questions, Concerns or Group Discounts Contact:**  cert@comsoc.org

Copyright ©2019. IEEE. All Rights Reserved.

*This handbook is updated annually in the 4th quarter of each calendar year.*

*Please check our website for the most recent version including any revisions at http://www.ieee‐wcet.org/handbook*

**Contents**

**Introduction** Certification Overview  3

IEEE WCET Examination Overview  4

**Apply** Recommended Education and Experience 6

Application and Examination Fees  7

Testing Windows and Application Deadlines  7

Special Accommodation Requests  7

Completing and Submitting the Application  8

Updating Contact Information  8

Application Audits  9

**Schedule Your Exam** Schedule an Appointment  10

Testing Center Locations  11

Pearson VUE Regional Office Information  11

Appointment Changes, Withdrawals, and Refunds  12

**Prepare** Studying for the Examination 15

**On Examination Day** Presenting Positive Proof of Identity  16

Testing Center Rules  17

Inclement Weather and Local or National Emergencies  18

Security Acknowledgement and Agreement  19

**After the Examination** Receiving Examination Results  20

Retaking the Examination  20

Duplicate Score Reports/Replacement Certificates  20

**Recertification** Recertification 22

**Appendix A** WCET Examination Specifications 26

**Appendix B** Suggested References 38

**Appendix C** Sample Examination Questions  39

**Appendix D** Glossary  43

**Appendix E** Constants, Conversions and Equations 50

**IEEE Communications Society** About the IEEE Communications Society 52

**Top 5 Reasons for Organizations to  Support the IEEE WCET Credential**

Supporting Wireless Communication Engineering Technologies  Certification 53

**2** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**Introduction**

**IEEE WCET Examination: Highlights**

∙ Administered on computer at Pearson VUE Testing Centers worldwide.

∙ Consists of 150 scored questions plus 15 unscored randomly distributed pretest questions. ∙ Four hours are allotted to complete the examination.

∙ A scale score of 500 or higher, on a scale of 200 to 800, is required to pass.

**Certification Overview**

**What Is Certification?**

Certification is a voluntary process by which individuals are assessed against predetermined standards for  knowledge/skills/ competencies and granted a time‐limited credential. Certified individuals are typically  issued a certificate attesting that they have met the standards of the credentialing organization and are  entitled to make the public aware of their credential.

Certification differs from an assessment‐based certificate program in that successfully earning the IEEE  Wireless Communication Engineering Technologies (IEEE WCET®) certification requires a broad  educational and experience background. In contrast, an assessment‐based certificate program is a  relatively short non‐degree granting program that provides instruction and training to aid individuals in  acquiring specific knowledge/skills/competencies and designates that individuals have passed an end‐of‐ program assessment derived from the learning/course objectives. Although assessment may be an integral  part of a certificate program, the primary purpose of such a program is to provide instruction and training.

Certification sets those with the credential apart from those without it. Advantages of obtaining  certification include public recognition of professional achievement, within and outside the profession,  achieving a personal professional goal, testing one’s knowledge and measuring it against peers, and aiding  in career advancement.

**The IEEE WCET Certification Program**

The IEEE Communications Society (IEEE ComSoc) has designed the IEEE WCET® certification program to  address the worldwide wireless industry’s growing and evolving need for qualified communication  professionals who can demonstrate practical problem‐solving skills in real‐world situations. Individuals  who achieve this certification will be recognized as having the required knowledge, skill, and ability to  meet challenges in various wireless industry, business, corporate, and organizational settings.

**Purpose and Use of Certification**

The IEEE WCET® certification shows that an individual has demonstrated mastery of the internationally  recognized body of wireless communication knowledge and has accepted the challenge to stay informed  of new developments in the wireless field. The IEEE Wireless Communications Professional® (IEEE WCP)  credential is a visible reminder to peers and co‐workers of an individual’s significant professional  achievement.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **3** 2019 Candidate’s Handbook

The WCET certification is completely voluntary. Organizations or individuals incorporating WCET  certification as a condition of employment or advancement do so of their own volition. Individuals should  determine for themselves whether certification, including recommended education or experience and  recertification requirements, when coupled with any other requirements imposed by individuals or  organizations, meets their needs and complies with applicable laws.

**IEEE WCET Examination Overview**

**IEEE WCET Examination**

The IEEE WCET examination is administered on computer and consists of 150 scored multiple‐choice  questions plus 15 unscored pretest questions randomly distributed throughout the examination.  Questions on the examination are in English and are based on the most recently published test  specifications (see Appendix A). Each question lists four possible answers, only one of which is the  correct or “best possible” answer. The answer to each question can be derived independently of the  answer to any other question. Four (4) hours are allotted to complete the examination. **A basic four‐ function, non‐scientific calculator will be available online for use during the examination.** Before the  exam date, candidates should visit the Pearson VUE Testing Tutorial at www.pearsonvue.com/athena  to become familiar with the computer‐based testing system. Applicants should be familiar with the use  of a computer mouse and a windows‐based GUI interface. A glossary of commonly used wireless  communication terms, in addition to a list of constants, conversions and equations will be available via  a link during the examination process. The glossary and constants, conversions and equations are  presented in Appendices D and E in this Handbook and are also available at www.ieee‐ wcet.org/glossary.html. A candidate must obtain a scale score of 500 or higher, on a scale of 200 to  800, in order to pass the examination and receive his or her certification.

**Use Of A Calculator During The IEEE WCET Certification Exam**

Please note that the calculator provided during the exam is not a scientific calculator.  The decision to  not provide a scientific calculator was made after careful consideration of the level of difficulty of the  exam questions.  While a scientific calculator is helpful in some practical situations, all of the exam  questions can be answered without using one, and most questions can be answered without using a  calculator at all.

**IEEE WCET Examination Areas of Expertise**

The IEEE WCET examination consists of questions in several different areas of expertise. The test  specifications describing each of these areas, the examination weightings (the percentage of questions  allocated to each area of expertise), and the detailed skills and knowledge covered in each area are  contained in Appendix A. The examination is regularly reviewed and updated by a panel of IEEE WCET  subject matter experts to ensure that the questions are current and reflect the current published test  specifications.

**4** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**IEEE WCET® Certification Denial and Revocation Appeals**

**Denial or Revocation of WCET Certification**

Applications may be denied or certifications revoked for any of the following reasons:

• Falsification or misrepresentation of information on the examination application; • Violation of testing procedures;

• Failure to pass the certification examination; or

• Failure to meet recertification requirements.

Candidates whose applications are denied or certifications revoked for any of the above reasons will be  notified in writing. Candidates may appeal the decision to the WCET Appeals Board by submitting an  appeal in writing. Appeals must:

• Be in writing, signed by the candidate;

• Be sent to IEEE Communications Society ‐ WCET by certified mail;

• Explain the specific reason(s) for appeal;

• Be accompanied by evidence or other pertinent information refuting the original decision; and • Be postmarked no later than ten (10) business days after the notification date on the letter denying or revoking certification.

Appeals should be addressed to:

IEEE WCET Appeals Board

IEEE Communications Society

3 Park Avenue, 17th Floor

New York, NY 10016 USA

**Appeals for WCET Certification Denial and Revocation**

Appeal requests will be reviewed by the WCET Appeals Board composed of two WCET Steering Committee  members or their designees, one WCET professional, one WCET staff member, and an attorney if deemed  appropriate. The Appeals Board will review the request within 15 business days of receipt, during which  the Board may request additional documentation. All information received will be considered strictly  confidential and will be used only to review the appeal.

Candidates submitting an appeal will receive written notification of the decision within 30 days of receipt  of the request. This notification will also be provided to the WCET Steering Committee. The WCET Appeal  Board’s decision is final.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **5** 2019 Candidate’s Handbook

**Applying for the Exam: Checklist**

∙ Check your education and experience against WCET recommendations.

∙ Complete an application at www.ieee‐wcet.org/apply.

∙ Applications are due 5 April 2019 for testing during the Spring window and 6 September 2019 for the Fall window.

∙ Your name and address submitted on your application must match the two forms of ID you will use as proof of identity at the testing center. Please see page 16 for acceptable forms of ID.

**Recommended Education and Experience**

The WCET examination is a broad‐based test that assesses knowledge of the entire wireless  communication engineering field. ***If you have never been a wireless communication engineering  practitioner, or do not plan to become one, you will need to evaluate whether it is appropriate for you to  take this examination.***The WCET examination is intended for professionals who develop and implement  all types of wireless communication in countries around the world.

The WCET exam has been constructed by subject matter experts to assess the skills and knowledge of  practicing wireless communications professionals with the equivalent of a college or university degree and  three or more years of professional experience. The decision as to whether an individual is prepared to  take the exam is an assessment that should be made by the applicant with this understanding. In making  the decision, an applicant should consider the following factors:

• The college or university should be accredited in the country in which it is located.

• Graduate‐level educational experience may be comparable to an equivalent period of professional work experience.

• “Professional wireless experience” means that at least 51% of the candidate’s activities are in the field of wireless communication engineering and are at the professional level.

• A thorough familiarity with the topics covered by the exam, as described in Appendix A of this Handbook, is necessary to achieve success on the examination.

• Success on the WCET practice exam, available online, has been shown to be an indicator that a candidate is probably prepared to take the certification examination.

• Applicants with a combination of a bachelor’s degree or comparable education plus three or more years of professional experience – or other similar level of preparation – have been more successful on the examination than those with less preparation.

The examination reflects current wireless communication engineering practices. Although the three years  of professional wireless communication engineering experience need not be current or sequential, recent  experience is more likely to coincide with the content of the examination.

Candidates with questions about the recommended education or experience can send an email to  cert@comsoc.org. Ultimately, however, it is up to each candidate to decide if his or her level of education  and experience is sufficient to apply for the examination.

**6** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

The WCET certification program does not discriminate on the basis of race, religion, national origin,  gender, sexual orientation, or disability. IEEE Membership is not a requirement to take the exam and  nothing in the preceding statements should be so interpreted.

**Application and Examination Fees**

The examination fee is US$450 for IEEE or IEEE ComSoc members and US$550 for nonmembers. This  includes a US$175 nonrefundable application fee. If you would like to learn more about membership in  IEEE, visit www.ieee.org for more information. Candidates must be full members of IEEE at the time of  application in order to receive the discount and must include their IEEE membership number in the  relevant area on the application. If your membership number is valid, you will be able to complete the  application and pay the US$450 fee. If not, you will need to pay the US$550 fee.

***Organizations or employers may sponsor candidates for the examination. Candidates who are being  sponsored by an employer will receive special instructions via email on how to submit their application.***

Examination fees are due at the time of application submission. Applicants may pay by VISA, MasterCard,  or American Express.

**Testing Windows and Application Deadlines**

The “testing window” is the time period during which the WCET examination is offered. In 2019 and future  years, it is anticipated that there will be two testing windows annually. The 2019 testing windows run from   22 April – 18 May 2019 and from 23 September – 19 October 2019. Candidates may test on any date  during the testing window, depending on the availability of appointments at Pearson VUE testing centers.

Each testing window has a specific application deadline. Applications for the Spring 2019 testing window  will be accepted 2 January 2019 through 5 April 2019. Applications for the Fall 2019 testing window will be  accepted from 22 April through 6 September 2019. Application and testing dates for 2020 will be finalized  by October 2019.

**Special Accommodation Requests**

IEEE ComSoc will, to the best of its ability, accommodate candidates with disabilities who need special  arrangements to take the examination. Auxiliary aids and services will be provided except where these  may fundamentally alter the examination or result in an undue burden. Pearson VUE may be unable to  comply with special accommodation requests made by candidates taking the examination where local

operating conditions or local laws and customs render such requests unlawful, impossible, or economically  unfeasible to perform.

A special accommodation request must be made by the candidate at the time of application by sending an  email to cert@comsoc.org with “SPECIAL ACCOMMODATION REQUEST” in the Subject line. The nature of  the disability, identification of the test(s) and protocols used to confirm the diagnosis, a description of past  accommodations made for the disability, and the specific testing accommodations requested must be  detailed in the email request. All information submitted will be kept confidential.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **7** 2019 Candidate’s Handbook

**Completing and Submitting the Application**

***Please read this Handbook carefully before applying to take the examination.***

Submission of an application attests that you have read this Handbook and agree to be bound by all  policies and procedures set forth herein. It also attests that all information presented in the application is  correct and that you will abide by IEEE ComSoc’s decision should any information be judged to be  misrepresented or fraudulent. Further, you are granting permission to IEEE ComSoc to make any inquiries  that may be necessary to verify your submission information. Finally, you are agreeing to abide by the  rules and decision of IEEE ComSoc and understand that falsification of information on your application is  grounds for refusing or revoking certification.

To apply for the WCET examination, go to www.ieee‐wcet.org/apply. When completing the application,  you will be asked to provide contact information and payment information. You will be asked to upload a  copy of your government issued ID and to answer some demographic questions. Please verify that the  information you have entered online is correct before you submit the application.

All candidates who submit an application will receive a confirmation email within 24 hours indicating that  their application and exam fee was successfully transmitted. Candidates will subsequently receive via  email an Authorization to Schedule notice providing information on how to schedule the examination.  Authorization to Schedule notices will be emailed to all candidates within seven (7) business days of  receipt of a completed application. This notice will provide candidates with the information needed to  schedule an examination.

Applicants are strongly advised to apply online well in advance of the deadlines, since the volume of  applications on the last day of the application period can be heavy. IEEE ComSoc and Professional Testing  are not responsible for system problems (e.g., website down or slow, etc.).

**Updating Contact Information**

**Address Changes**

If your address changes at any time during the application period or testing window, then you must send  an email to cert@comsoc.org with “WCET ADDRESS CHANGE” noted in the Subject line.

**Name Changes**

It is important to notify IEEE ComSoc promptly of any name changes for two reasons: (1) if the name on  your unexpired government‐issued ID does not match the name on your Authorization to Schedule notice,  you may be denied admission into the testing center, and (2) the score report and certificate will not  display your name correctly.

Testing Center staff will require two forms of ID. If the name on your record does not match the name on  your ID, you may be denied admission, in which case you will forfeit the testing fee.

**8** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

If you find that there is a discrepancy between the name on your record and the name on your official ID,  send an email to cert@comsoc.org with “WCET NAME CHANGE” noted in the Subject line.

To change your name because of a legal name change (e.g., marriage, divorce), you must submit notarized  documentation to IEEE ComSoc by mail, email, or fax at least ten (10) business days before your scheduled  examination appointment. It is strongly recommended that candidates use a traceable mailing method  (e.g., certified or registered mail or expedited mail service that requires a signature) and/or keep a copy of  the fax confirmation page to verify delivery. Do not send originals because these documents cannot be  returned. When submitting a name change, make sure that you have an unexpired government‐issued ID  that matches the requested name.

**Application Audits**

Submission of an application indicates your agreement to comply with the terms of the audit process.  Applications are selected at random for audits in keeping with the IEEE Code of Ethics primarily to ensure  that a candidate has not provided false or misleading information in the application. You may be asked to  provide evidence to support the information you provided on your application. If you successfully  complete the audit, you will be eligible to sit for the examination. If you fail to meet the audit  requirements, you will forfeit both the application and the examination fees.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **9** 2019 Candidate’s Handbook

**After Applying for the Examination: Reminders**

∙ After applying and paying the fee, you will receive an Authorization to Schedule notification email. ∙ Locate a testing center closest to you at www.pearsonvue.com/wcet.

∙ Schedule your appointment online or by phone as far in advance as possible to secure your desired test date.

∙ Cancel or reschedule at least 24 hours prior to your scheduled date.

∙ Read the policies on Appointment Changes, Withdrawals, and Refunds carefully. **Schedule an Appointment**

Once you have submitted your application and paid the exam fee, you will receive an Authorization to  Schedule email. This email includes a unique ID number, which is needed to schedule the exam.

You may schedule your exam online or by phone. When scheduling an appointment, the following  information will be required:

∙ Your name exactly as it is printed on the Authorization to Schedule notice and the unexpired government‐issued ID you will use to confirm your identity at the testing center; ∙ Your ID number as it is listed at the top of the Authorization to Schedule notice; ∙ Your daytime telephone number; and

∙ The name of the examination sponsor (IEEE Communications Society).

To schedule online, go to the IEEE ComSoc examination section of the Pearson VUE website,  www.pearsonvue.com/wcet, and click on “Schedule Online.” You will be prompted to create a login and  password and then schedule the exam. To schedule by phone, go to the IEEE ComSoc examination section  of the Pearson VUE website, www.pearsonvue.com/wcet, and click on “Schedule by Phone” to find the  phone number and hours of operation for the call center for the appropriate country. A customer‐service  agent will work with you to find the most convenient testing center and time. Candidates scheduling by  phone will not receive written confirmation of their appointment unless they have provided an email  address, so it is imperative to note the appointment details and appointment confirmation number.

Upon scheduling, you will receive a confirmation email from Pearson VUE. If you do not receive the email,  you may not have completed the scheduling process. After checking your spam folder, you should call  Pearson VUE to ask for the confirmation email.

IEEE ComSoc urges candidates to schedule exams as soon as convenient after application approval. The  earlier you schedule, the more likely that a preferred time and place will be available. The exam  authorization is valid for the current exam testing window only. If you wish to move to another testing  window you forfeit the $175.00 application processing fee.

Your appointment confirmation number is different from your ID number. Make sure you retain your  appointment confirmation number since it is required to confirm, reschedule, or cancel an appointment.

Those scheduling an appointment within 48 hours of the end of the application window must do so by  phone only. To schedule by phone, call Pearson VUE at the number listed on your Authorization to

**10** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

Schedule notice or contact the appropriate Regional Office which can be found at  pearsonvue.com/pti/contact.

Candidates who cancel their examination appointments but do not request a refund will forfeit all fees.  Candidates who do not schedule an appointment and do not request a refund are considered no‐show  candidates and forfeit all fees. For more information, see the “Refunds” section of this Handbook.

***Candidates should verify their appointments as soon as possible, but no later than three business days  before the scheduled exam.***

**Schedule an Appointment Early**

Candidates should schedule their examination appointment as soon as possible after receiving their  Authorization to Schedule notice. Candidates who delay scheduling their examination until the testing  window has opened run a significant risk of not being able to schedule their test at a time and location of  their choice. In rare instances, candidates who attempt to schedule/reschedule their appointment or  change their testing center location late in the testing window may find that they are unable to schedule  an examination date and location. If this occurs, candidates may withdraw from the examination and  apply for a 50% refund (US$137.50 for IEEE and IEEE ComSoc members and US$187.50 for nonmembers)  of their examination fee (see the “Withdrawals” and “Refunds” sections in this Handbook). The US$175  application fee is nonrefundable.

**Testing Center Locations**

Pearson VUE maintains over 200 Pearson Professional Centers throughout the United States, US territories  and Canada as well as approximately 5,000 test centers in 180 countries worldwide. For a full list of  centers or to locate the center closest to you visit http://www.pearsonvue.com/wcet/ or call the Regional  Headquarters below serving your region***. It is advisable to physically locate or, if possible, visit the test  location before examination day to make sure you can find the testing center and that you are aware of  transportation and parking requirements.*** Pearson VUE maintains three regional headquarters, as  follows:

**The Americas**

Bloomington, MN USA – Corporate Headquarters  +1‐952‐681‐3000

**Asia‐Pacific Region**

Uttar Pradesh, India – Regional Headquarters  +91‐120‐4001600

**Europe, Middle East, Africa Region** Manchester, United Kingdom – Regional  Headquarters

+44 (0) 161 855 7000

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **11** 2019 Candidate’s Handbook

**Appointment Changes, Withdrawals, and Refunds**

**Appointment Rescheduling and Testing Center Changes**

Candidates can reschedule examination appointments within their testing window. However, testing  windows cannot be changed. If necessary, candidates can change their testing center location. ***IEEE  ComSoc shares the Pearson VUE testing centers with many other organizations, so testing center seats  fill up quickly. Candidates are advised to reschedule as early as possible.***

Candidates may cancel an exam (by phone or online) without penalty up to 24 hours before their  appointment. Candidates may make a new appointment – without incurring a fee – then or at another  time. ***If a candidate fails to keep an appointment without canceling on time, he or she will be considered  a no‐show and will forfeit the exam fee.***

Candidates who attempt to reschedule their appointment and/or testing center location late in the testing  window cannot be guaranteed that a seat will be available and risk forfeiting the examination fee. If this  occurs, candidates should withdraw and apply for a 50% refund (US$137.50 for IEEE and IEEE ComSoc  members and US$187.50 for nonmembers) of their examination fee (see the “Withdrawals” and  “Refunds” sections in this Handbook) in order to not be considered no‐show candidates. The US$175  application fee is nonrefundable.

***To reschedule an appointment and/or testing center location, contact Pearson VUE at  www.pearsonvue.com/wcet, call the number shown in your Authorization to Schedule notice, or contact  your Pearson VUE Regional Office.***

**Withdrawals**

Candidates who have a scheduled appointment, as well as candidates who have not scheduled an  appointment with Pearson VUE, may withdraw from the WCET examination. To withdraw from the  examination, candidates must do the following:

**Candidates Who Have a Scheduled Examination Appointment**

Candidates who have a scheduled appointment may withdraw from the examination by cancelling their  appointment with Pearson VUE. To cancel an appointment, contact Pearson VUE at  www.pearsonvue.com/wcet, call the number shown in your Authorization to Schedule notice, or contact  your Pearson VUE Regional Office which can be found at www.pearsonvue.com/wcet.

Once you have cancelled with Pearson VUE, you must submit your notification of withdrawal via email to  cert@comsoc.org with “WCET EXAM WITHDRAWAL” noted in the Subject Line. The withdrawal  information must be submitted on or before the last day of the testing window in order to receive a  refund. See the following section on Refunds for more information.

**Candidates Who Have Not Scheduled an Examination Appointment**

Candidates who have not scheduled an appointment and who wish to withdraw from the examination  must submit their notification of withdrawal via email to cert@comsoc.org with “WCET EXAM  WITHDRAWAL” noted in the Subject Line. The withdrawal information must be submitted on or before the  last day of the testing window in order to receive a refund.

**12** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**Refunds**

Candidates who withdraw from the examination on or before the last day of the application period will  receive a refund of their examination fee. If they have scheduled an examination appointment, they must  notify Pearson VUE of their withdrawal. The US$175 application fee is non‐refundable. To initiate the  refund, candidates must submit their Examination Withdrawal request via email to cert@comsoc.org with  “WCET EXAM WITHDRAWAL” noted in the Subject line before the last day of the testing window.

Candidates who withdraw from the examination after the last day of the application period, but no later  than 12:00 noon (Regional Office time) five (5) days before their examination appointment will receive a  50% refund of their examination fee (US$137.50 for IEEE and IEEE ComSoc members and US$187.50 for

nonmembers). The US$175 application fee is nonrefundable. They must first notify Pearson VUE that they  are cancelling the appointment.

Candidates who do not cancel their examination appointment within the specified time frame and/or do  not appear for an examination appointment are considered no‐show candidates and forfeit all fees.

Candidates who cannot take the examination due to a medical or personal emergency should refer to  “Refunds for Medical or Personal Emergencies” below.

Candidates who do not schedule an examination appointment with Pearson VUE or who do not submit  their Examination Withdrawal request via email to cert@comsoc.org on or before the last day of the  testing window are considered no‐show candidates and forfeit all fees.

All candidates will need to provide the following Examination Withdrawal information in order to obtain a  refund:

∙ Candidate’s full name as it appears on the application;

∙ Candidate’s postal and email addresses;

∙ ID number (found in the Authorization to Schedule notice);

∙ Testing center location (if applicable);

∙ Examination appointment date and time (if applicable); and

∙ Date and time the appointment was canceled (if applicable).

No refunds will be issued unless candidates submit their Examination Withdrawal information within the  specified timeframe. Refunds are issued no later than four (4) weeks after the close of the testing window.

**Refunds for Medical or Personal Emergencies**

IEEE ComSoc recognizes that medical or personal emergencies may arise that prevent candidates from  rescheduling or withdrawing from an examination appointment. In such cases, candidates may request a  partial refund of their examination fee by submitting a written request to cert@comsoc.org and including  supporting documentation as to the nature of the medical or personal emergency (e.g., accident report,  medical documentation, death certificate). Refund requests resulting from medical or personal  emergencies will be reviewed on a case‐by‐case basis and candidates will be notified by email of the  outcome of the request. If approved, candidates will receive a refund of their examination fee minus the  nonrefundable US$175 application fee. Examinations cannot be rescheduled to a future testing window.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **13** 2019 Candidate’s Handbook

Candidates should also cancel their appointment by contacting Pearson VUE at

www.pearsonvue.com/wcet, calling the number shown in their Authorization to Schedule notice, or  contacting their Pearson VUE Regional Office. They will be requested to submit copies of the supporting  documentation in order to avoid incurring a cancellation fee.

Medical or personal emergency refund requests must be made in writing to IEEE ComSoc on or before the  last day of the testing window and must include a description of the situation and documentation of the  emergency or extenuating circumstance. Candidates whose examination appointments were scheduled  for the last two (2) days of the testing window may submit the refund request no later than five (5)  business days from the last day of the testing window. Requests received after that time and/or without  documentation will not be reviewed.

**What Is a Medical or Personal Emergency?**

IEEE ComSoc considers a medical emergency to be an unplanned medical event that arises within 48 hours  of the scheduled examination and prevents candidates from taking the examination. The medical  emergency may apply to candidates themselves or to one of the candidate’s immediate family members  (spouse, child, or parent). Medical events that can be anticipated as occurring on or near the examination  date or any of the dates on which candidates can schedule, reschedule, or withdraw from the examination  are not considered medical emergencies.

Inability to take the examination due to workload or work conflicts or to an inability to properly prepare  for the examination is not considered a personal emergency.

**No‐Show Candidates**

A candidate who does not show up for an examination appointment without at least 24 hours notice will  be considered a no‐show. Likewise, a candidate who arrives late and is not admitted, fails to present  adequate identification, or refuses the Nondisclosure Agreement, will not be allowed to take the exam  and will be considered a no‐show. A no‐show is treated like a failed exam. No‐shows will only be allowed  to schedule a new exam appointment upon payment of the retest fee.

**14** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**Studying for the Examination: Helpful Hints**

∙ The Appendices in this Handbook provide information that may be helpful in preparing for the exam. ∙ ComSoc offers books, courses, and tutorials that may also be helpful, although they are not designed to “teach the exam.”

∙ An online practice exam can be purchased as an additional means of preparing.

Candidates should prepare thoroughly for the examination. The following are some of the available  resources to assist in this preparation.

**Appendix B** in this Handbook contains a short list of relevant references. This list is provided solely as an  example and these references should not be considered the only possible study options.

**Appendix C** in this Handbook contains a few sample questions that are similar in form and content to  those that appear on the certification examination.

**Appendix D** in this Handbook contains a glossary of acronyms and Appendix E lists constants, conversions,  and equations that candidates should be familiar with before taking the examination. This glossary and the  equations will also be available for online reference during the examination.

**The Wireless Engineering Body of Knowledge (WEBOK) 2nd edition**, published by IEEE ComSoc, is a review  text that outlines the topics that may be covered on the examination. It includes numerous references in  which detailed wireless communications knowledge can be found.

The WEBOK can be ordered from John Wiley Publishers.

www.wiley.com

Call +1 877 762 2974 (US)

+1 800 567 4797 (Canada)

+1 44 1243 843294 (world)

ISBN: 978‐1‐118‐34357‐9 Paper, 316 pp, 2015

Price: US$80.95 (Save 15% using Promo Code: 18493)

**Practice Exam.**Before applying for the examination, candidates should consider taking an **online practice  exam**consisting of 75 questions similar to those on the actual examination. The fee for the practice exam  is US$50. For more information visit www.ieee‐wcet.org/practice.html.

**IEEE ComSoc Training.**Online courses addressing some of the topical areas covered by the exam can be  purchased from IEEE ComSoc Training. Visit www.comsoc.org/training for more information.\*

**IEEE ComSoc’s Free Tutorials Now.**Free tutorials that may be of interest or helpful to you are available  through IEEE ComSoc’s Free Tutorials Now program. Visit www.comsoc.org/free‐tutorials for more  information.\*

*\*None of the training or tutorials offered by IEEE ComSoc is geared to teach an individual how to pass the WCET Certification exam. These  resources can help in exam preparation but completing a course or tutorial will not guarantee your ability to pass the exam.*

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **15** 2019 Candidate’s Handbook

**On Examination Day: Reminders**

∙ Admittance to the testing center is by appointment only.

∙ Arrive 15 minutes before your appointment; late arrivals may not be accommodated and may be considered a no‐show resulting in a retesting fee to reschedule the exam.

∙ Review the list of acceptable IDs and bring two unexpired forms to the testing center. Make sure your name on the IDs matches the name on your application.

∙ Review the testing center rules on food, drinks, personal items, and breaks.

∙ An electronic signature and digital photo are required; a palm‐vein scan may be required at some centers.

∙ All examinations are monitored and may be recorded in audio and video.

∙ To take the exam, candidates must acknowledge that they have read, understand, and accept the Security Acknowledgement and Agreement.

∙ Candidates may not leave the site while taking the exam.

**Admission to the Testing Center**

Once a candidate makes an examination appointment, he or she will receive a confirmation email from  Pearson VUE. The email confirms the address of the testing center. Candidates should arrive 15 minutes  before the scheduled appointment. Late arrivals may not be accommodated; in that case, a candidate is  considered a no‐show and has to pay the retesting fee to reschedule the exam.

Candidates need two forms of identification for admission: a primary ID and a secondary ID. The name  that appears on the two forms of identification must match the name under which the candidate is  registered to take the exam***. Do not register under a nickname!*** If a name change is needed, candidates  must contact IEEE ComSoc at least 10 days before the testing appointment to change the name on the  record.

The following forms of ID are accepted as primary ID:

∙ Government‐issued driver’s license

∙ State/national identification card

∙ Passport†

∙ Military ID†

∙ Alien registration card (green card, permanent resident visa)

∙ U.S. Passport card or equivalent document issued by another country

∙ U.S. Dept. of State Driver’s License or equivalent issued by another country

† The primary ID must contain a photo and signature unless the signature is embedded in the identification. When this occurs, the candidate must present another form of signature identification from the primary or secondary list.

The following forms of ID are accepted as secondary ID:

∙ Any ID on the primary list

∙ U.S. Social Security card or similar document issued by another country

∙ Credit/bank ATM card (signature required)

**16** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**Testing Center Rules**

∙ Arrive at the testing center at least 15 minutes before your scheduled reporting time.

∙ The exam administrator at the testing center will not allow test takers to take personal items – including reference materials and electronics – with them into the exam area. Although locker storage is normally offered, it is best not to bring large bags, jewelry, electronics, and the like to the testing center. Consideration will be made for comfort items such as pillows and tissues or medical necessities such as crutches; the exam administrator is required to inspect such items.

∙ All candidates must present an unexpired government‐issued ID bearing their photo and signature to be admitted to the testing center (see the section above “Admission to the Testing Center”). Your ID must match the name you provided on your application and the name that appears on your Authorization to Schedule notice, and the photo must validate your identity.

∙ As part of Pearson VUE’s test‐security program, a palm‐vein scan is required at some testing centers. An electronic signature and digital photo are required at all centers.

∙ Admittance to the testing center is by appointment only. Candidates must be present at the time and location of their appointment to be admitted.

∙ No test materials, documents, or memoranda of any sort may be taken into or from the test room.

∙ Candidates will receive an erasable note board or a small notebook consisting of erasable and reusable pages for use during the exam. They are to be returned to the exam administrator at the completion of the exam.

∙ Candidates will have the opportunity after the examination to submit general comments or comments about specific examination questions by following the applicable onscreen instructions. The IEEE ComSoc Examination Committee will review all comments but will not provide written responses to comments.

∙ Smoking is prohibited.

∙ Candidates may not ask questions about examination content.

∙ All examinations are monitored and may be recorded in both audio and video format.

• No breaks are scheduled during the examination. Candidates who have to leave the testing room to take a break will not be given extra time on the examination. To re‐enter the testing room, candidates must have their palm rescanned (if required) and must sign in and present their identification documents.

• Candidates may not leave the testing site facility while the examination is in progress.

• IEEE ComSoc and Professional Testing reserve the right to cancel any test score believed to be obtained in a questionable manner.

• Food, drinks, purses, briefcases, notebooks, calculators, pagers, cellular telephones, recording devices, and photography equipment are not allowed into the testing room.

• It is expressly prohibited to disclose, publish, reproduce, or transmit any part of the examination, in any form, by any means, verbal or written, for any purpose, without the express written permission of IEEE ComSoc. Violation may result in civil or criminal prosecution.

• Medications that may need to be accessed during the test can be stored in lockers outside the testing room. Candidates who will need to use crutches or other medical equipment should complete a special accommodation request form as described in the “Special Accommodation Requests” section of this Handbook so that the testing center can be informed in advance.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **17** 2019 Candidate’s Handbook

• Religious headwear may be worn into the testing room; however, it may be subject to inspection by a testing center administrator before entry into the testing room is permitted.

• Candidates are expected to behave in a civil manner when on the premises of the testing center. Exhibiting abusive behavior toward the testing center staff or other testing candidates may result in forfeiture of your examination and/or criminal prosecution.

• Visit Pearson VUE's website to view the complete Rules Agreement.

Please remember that other examinations are being administered at the same time that you are taking  the IEEE WCET examination so you may hear typing on keyboards for an essay examination, coughing,  and/or people entering and leaving the testing room. It is impossible to provide a completely noise‐free  testing environment. The testing center administrator may provide candidates with small earplugs that  can be inserted inside the ear if requested. Candidates are not allowed to bring in headsets or  headphones.

**Biometrics**

As part of Pearson VUE’s test‐security program, a palm‐vein scan is required at some testing centers. An  electronic signature and digital photo are required at all centers.

**Inclement Weather**

Pearson VUE policy is to remain open whenever possible. However, when it is impractical to remain open,  Pearson VUE will give candidates as much notice as possible. In such cases, candidates can reschedule  without penalty.

**Name Discrepancies**

Candidates with minor name discrepancies may be admitted at the administrator’s discretion if all  available IDs have been checked and it is believed the candidate is the same person shown on the IDs.  Acceptable discrepancies include:

∙ discrepancies due to technical limitations (e.g., name shortened);

∙ typographical errors (e.g., minor misspellings); or

∙ Traditional/ cultural variations (e.g., abbreviated or shortened names, initials, missing middle names).

Candidates with hyphenated last names whose photo IDs show only one of the last names may be  admitted if the single name matches part of the hyphenated name and the signature and photograph  clearly match.

Candidates whose middle names are spelled out on their ID but are listed with an initial on the application  may be admitted as long as the initial matches the first letter of the middle name and the signature and  photograph match. This also applies to candidates who use their middle name instead of their first name  on their application but their ID displays their first, middle, and last names.

**18** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**Security Acknowledgement and Agreement**

Prior to taking the examination, candidates will be presented with a security acknowledgement screen.  Candidates must acknowledge that they have read, understand, and accept the conditions listed below.

1. I have an ethical duty to protect the security of the IEEE WCET® Certification Examination.

2. The examination and questions contained therein are the exclusive property of the IEEE Communications Society – WCET Certification Examination Program.

3. This examination and the questions contained therein are protected by copyright law and constitute valuable trade secret information, the disclosure of which will cause injury to the IEEE Communications Society – WCET Certification Examination Program. No part of this examination may be copied or reproduced in part or whole by any means whatsoever, including memorizing and/or reporting question or examination content.

4. The dissemination of question or examination content to any person, organization, company, or other entity in any manner shall constitute a breach of professional ethics and theft of the exam. Any person found guilty of such violation may have his/her score voided. The IEEE Communications Society may prohibit the candidate from future access to the WCET Certification Examination.

5. The theft or attempted theft of an examination or examination items is punishable as a felony and may result in civil penalties and/or professional sanction. I recognize that the breach of my obligations under this candidate acknowledgment may expose me to liability for damages caused to the IEEE Communications Society and to legal fees incurred by the IEEE Communications Society in preserving its rights.

6. I understand that during the examination, I may not communicate with other candidates, refer to any materials other than those provided to me, or assist or obtain assistance from any person. Failure to comply with these requirements may result in the invalidation of my examination results as well as other appropriate action.

7. My participation in any irregularity occurring prior to, during, or subsequent to this examination, such as giving or obtaining unauthorized information or aid, as evidenced by observation or subsequent statistical analysis, may result in termination of my participation, invalidation of my examination results, or other appropriate action.

Candidates who do not agree to the conditions listed above will not be allowed to proceed and take the  examination, and will forfeit both the application and examination fee.

**Taking the Test**

Candidates should answer easy questions first and mark the more difficult ones to return to later. There is  no penalty for guessing, so candidates should answer all the questions, if possible. There are optional  survey questions at the end of the examination that candidates are encouraged to answer. Responses are  confidential. The information collected is used for statistical purposes only.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **19** 2019 Candidate’s Handbook

**After the Examination: What’s Next**

∙ A score report will be available three to four weeks after the testing window. ∙ You will be notified by email with your official score report.

∙ If you pass, your certificate will be mailed to the address provided in the application. ∙ If your address changes, email wcetcertificates@comsoc.org.

∙ Candidates who fail may re‐apply to test at a reduced fee.

**Receiving Examination Results**

An official score report will be available approximately three to four weeks after the close of the testing  window. You will be notified by email with your official score report. If you have passed, your certificate  will be mailed to the postal address provided in the application, so make sure that you update your  address if it has changed. Email cert@comsoc.org with your full name, ID number and new postal address.  Under no circumstances will scores or pass/fail information be released over the phone or by fax, nor will  the information be released to anyone except the candidate.

The score report provides information on whether the candidate passed or failed the examination. In  order to pass the examination, candidates must obtain a scale score of 500 or higher on a scale that ranges  from 200 to 800. In addition to the scale score, candidates will receive information on the total number of  questions in each area of expertise and the number of questions the candidate answered correctly in each  area. For passing candidates, the information will help identify specific areas to focus on for continuing  education purposes. For failing candidates, this information will identify specific areas where improvement  or further study may be required if retaking the examination is a consideration.

Due to the need to maintain test security, examination questions and answers will not be released to  candidates.

**Retaking the Examination**

Candidates who fail the examination may re‐apply for the examination during the next available testing  window. Application procedures for those retaking the examination are the same as those for first‐time  applicants. There is a reduced fee for those taking the exam as a second attempt to pass and for every  time subsequent after that.

**Duplicate or Replacement Certificates**

Successful candidates who have not received a certificate within three months after the close of the  testing window or who receive a damaged certificate should email IEEE ComSoc at cert@comsoc.org. A  duplicate certificate (if applicable) will be issued at no cost. A processing and shipping fee may be assessed  for requests postmarked more than 90 days after the test date.

If you legally change your name, lose your certificate, or want another certificate for personal reasons, you  may request a replacement certificate. To request an additional certificate, email cert@comsoc.org.

**20** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

Formal name changes require appropriate legal documentation, such as a notarized copy of a marriage  certificate or divorce decree. Documentation should be sent to wcetcertificates@comsoc.org. A $75 fee  will be required for additional certificates. Payment must be made by VISA, MasterCard, or American  Express.

Duplicate certificate requests must include:

∙ Candidate’s full name (as it appears on the application);

∙ Postal address;

∙ WCET ID number (found in the Authorization to Schedule notice);

∙ Examination date; and

∙ Appropriate legal documentation, if applicable. Please do not send originals, as they cannot be returned.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **21** 2019 Candidate’s Handbook

**Recertification: Renew Your Credential**

∙ Recertification is required after three years for those who certified or renewed their certification in 2015 and later, and after five years for those who certified before 2015

‐ By passing the then current exam, or

‐ By earning a minimum of 60 or 100 Professional Development Units, as appropriate for the length of the current certification.

∙ Effective immediately, all new certificates issued will now be valid for a three‐year period. ∙ Successful applicants will receive a certificate with their new certification date.

Recertification is required after three years for those who certified or renewed their certification in 2015  and later, and after five years for those who certified before 2015, as determined by the year the current  certification was issued (shown on the individual’s current certificate).  For example, credential holders  who earn their certification in 2017 will need to recertify by 2020. Credential holders who earned their  certification in 2014 will need to recertify in 2019. You will have until the Spring or Fall, depending on the  date of your certification, of the third or fifth year after you earned your credential to renew your  certification. All recertification’s are valid for three years.  If you have any questions about when your  certification is due for renewal, please send an email to cert@comsoc.org.

***There are two ways of earning recertification: by passing the then‐current WCET certification exam or by  submitting the application showing the earned Professional Development Units (PDUs) through  contributions to the profession and/or personal professional development.***

 The recertification fee for the three‐year period is $180 for IEEE/ComSoc members and $210 for non‐ members. The same fee applies whether you take the certification exam or submit an accounting of PDUs  earned since your certification.

**To Recertify by Passing the Current WCET Certification Exam**

Submit your recertification fee at http://www.ieee‐wcet.org/recertification.  You will then be sent  instructions to complete an application and schedule your exam. The exam is updated regularly, and the  current exam will test a candidate’s knowledge of developments in the field since their previous  certification.

**To Recertify by Submitting the Application Showing the Earned PDUs**

Professional Development Units (PDUs) quantify a candidate’s professional and educational or learning  activities. PDUs can be earned through participation in activities related to contributions to the profession  and/or professional development in the area(s) covered by WCET. Depending on the date of your  certification, the Spring deadline to submit PDUs for your recertification is 30 April and the Fall deadline is  31 October. You may apply up to six months before your deadline.

A minimum of 60 PDUs distributed over a three‐year recertification cycle, or a minimum of 100 PDUs  distributed over a five‐year recertification cycle, must be earned during in order to maintain certification.  To ensure that the candidate has a broad knowledge of the field, these activities must be related to at  least three of the seven areas tested on the WCET examination. See Appendix A for a detailed description  of these seven areas.

**22** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

The following tables outline a variety of ways in which PDUs can be earned and the maximum number of  PDUs that can be earned through each activity. Candidates can download an application from www.ieee‐ wcet.org/recertification into which they can enter their information to apply for recertification. The  completed application should be submitted to the WCET recertification committee by sending it by email  to wcetrecertification@comsoc.org.

All submissions are subject to selection for an audit. If an application is selected for audit, evidence  validating the claimed PDUs will be required. Such evidence may include attestation by a candidate’s  manager regarding work performed, proof of attendance at a training course or conference, or similar  verification. A listing of typical documents that may be requested can be accessed at the Recertification  page at the WCET website.

***All new certifications will be for a three‐year period, in keeping with the accelerating pace of change in  the industry and in alignment with numerous other professional certifications.*** Candidates who earned  certification/recertification in 2015 or later will recertify after a three‐year period and should refer to the  table for a three‐year cycle to find out how the required 60 PDUs can be earned. Candidates who earned

certification/recertification prior to 2015 will recertify after a five‐year period and should refer to the table  for a five‐year cycle to find out how to submit PDUs that provide evidence that they maintained their  professional activities throughout the five year certification period.

Table of PDUs for Recertification after a 3‐Year Certification: 60 PDUs Total

**“Contributions to the Profession” include such activities as the following:**

| Activity | Description | Maximum PDUs Allowed |
| --- | --- | --- |
| Professional  Activities | Working in wireless communications  ∙ Submittal or receipt of a patent  ∙ At least 50% of your time spent doing professional level work | 30 PDUs  (Up to 10 PDUs/year per three‐ year cycle for professional‐level  work.  Up to 5 PDUs for a patent  application/10 PDUs for a patent  awarded with a maximum of  10PDUs for patents). |
| Professional/  Industry Volunteer  Services | ∙ ComSoc officer  ∙ ComSoc committee membership  ∙ Relevant industry standards, conference, or similar committee membership | 20 PDUs  (1 PDU per hour of volunteer  service up to a maximum of 10  PDUs/year) |
| WCET Program  Support | ∙ Writing or reviewing exam questions  ∙ Developing a WCET‐related tutorial  ∙ Contributing to the WEBOK | 15 PDUs  (1 PDU/hour of effort) |
| Course  Development/  Instruction | Developing and/or teaching a course in wireless  communications;  Course development earns twice as many PDUs as  teaching. | 20 PDUs  (1 PDU per hour of teaching; 2  PDUs per hour of course  development) |
| Publications | Publishing relevant technical papers, articles, books,  book chapters, etc. | 15 PDUs  (1 PDU per hour of effort) |

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **23** 2019 Candidate’s Handbook

**“Professional Development” includes activities such as the following:**

| Activity | Description | Maximum PDUs Allowed |
| --- | --- | --- |
| Formal Training  Programs | Attending relevant live or on‐line courses offered by  ComSoc or by educational institutions, commercial  training providers, and industry organizations or  similar. | 15 PDUs  (1 PDU per hour of study) |
| Self‐Directed  Learning | The use of assessment‐based self‐directed education,  such as online tutorials, CDs, DVDs, printed materials,  or instructional manuals | 10 PDUs  (1 PDU per hour of study) |
| Other Certifications | Acquiring or maintaining a relevant professional  license or certification. For example, a Professional  Engineer (PE) license (provided the holder is practicing  in the field of wireless communications), various state  or regulatory body certifications, or other relevant  credentials earned through recognized  industry/professional organizations. | 15 PDUs  (1 PDU per hour of effort  provided the hours are not  claimed elsewhere [e.g., as  training]) |
| Industry Conferences  and Events | Attending relevant technical sessions, workshops,  and/or training activities offered at conferences and  other industry events. | 15 PDUs  (1 PDU per hour of attendance) |
| Professional/  Industrial Community | Attaining a higher level of membership, such as Senior  Member or Fellow, in a relevant  professional/industrial community. | 15 PDUs  (PDUs depend on the prior and  new member levels) |

Table of PDUs for Recertification after a 5‐Year Certification: 100 PDUs Total  **“Contributions to the Profession” include such activities as the following:**

| Activity | Description | Maximum PDUs Allowed |
| --- | --- | --- |
| Professional  Activities | Working in wireless communications  ∙ Submittal or receipt of a patent  ∙ At least 50% of your time spent doing professional level work | 50 PDUs  (Up to 20 PDUs for a patent; 6  PDUs/year, to a maximum of 30  per five‐year cycle for  professional‐level work) |
| Professional/  Industry Volunteer  Services | ∙ ComSoc officer  ∙ ComSoc committee membership  ∙ Relevant industry standards, conference, or similar committee membership | 30 PDUs  (1 PDU per hour of volunteer  service up to a maximum of 10  PDUs/year) |
| WCET Program  Support | ∙ Writing or reviewing exam questions  ∙ Developing a WCET‐related tutorial  ∙ Contributing to the WEBOK | 25 PDUs  (1 PDU/hour of effort) |
| Course  Development/  Instruction | Developing and/or teaching a course in wireless  communications;  Course development earns twice as many PDUs as  teaching. | 30 PDUs  (1 PDU per hour of teaching; 2  PDUs per hour of course  development) |
| Publications | Publishing relevant technical papers, articles, books,  book chapters, etc. | 25 PDUs  (1 PDU per hour of effort) |

**24** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**“Professional Development” includes activities such as the following:**

| Activity | Description | Maximum PDUs Allowed |
| --- | --- | --- |
| Formal Training  Programs | Attending relevant live or on‐line courses offered by  ComSoc or by educational institutions, commercial  training providers, and industry organizations or  similar. | 25 PDUs  (1 PDU per hour of study) |
| Self‐Directed  Learning | The use of assessment‐based self‐directed education. | 15 PDUs  (1 PDU per hour of study) |
| Other Certifications | Acquiring or maintaining a relevant professional  license or certification. For example, a Professional  Engineer (PE) license (provided the holder is practicing  in the field of wireless communications), various state  or regulatory body certifications, or other relevant  credentials earned through recognized  industry/professional organizations. | 25 PDUs  (1 PDU per hour of effort  provided the hours are not  claimed elsewhere [e.g., as  training]) |
| Industry Conferences  and Events | Attending relevant technical sessions, workshops,  and/or training activities offered at conferences and  other industry events. | 20 PDUs  (1 PDU per hour of attendance) |
| Professional/  Industrial Community | Attaining a higher level of membership, such as Senior  Member or Fellow, in a relevant professional/industrial  community. | 25 PDUs  (PDUs depend on the prior and  new member levels) |

A relevant course, license, session, or community is one whose principal focus is on one or more aspects of  wireless communication. Ideally, the activity will be related to a topic in the examination specifications in  Appendix A.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **25** 2019 Candidate’s Handbook

**Appendix A: WCET Examination Specifications**

**Major Areas of Expertise**

**Area  1  (11‐15%)  ‐ RF Engineering,  Propagation, Antennas, and Signal  Processing:** Tasks and knowledge  related to: antennas, RF engineering,  transmission, reception, propagation, channel modeling, and signal  processing.

Evaluate  system  performance and  reliability;  calculate  path loss; evaluate  the effects  of  different  fading  and empirical path loss models; calculate and evaluate the effects on the received signal of path‐related  impairments;  determine  parameters  related  to  antennas  or  antenna  arrays;  generate  and  evaluate  coverage and interference prediction maps; develop and analyze procedure to optimize the coverage of a  radio; make RF system measurements.

**Area  2  (19‐23%)  ‐  Wireless  Access  Technologies:**  Tasks  and  knowledge  related  to  wireless  access  networks, especially the physical, MAC, and link layers.

Analyze  building  blocks,  multiple  access,  mobility  management,  and  spectrum  implications  in  wireless  access system design; analyze design considerations to optimize capacity/coverage; design and analyze a  wireless  access  system;  analyze  the  required  bandwidth  for  a  wireless  system  and  tradeoffs;  analyze  wireless access technology standards, their features, and evolution.

**Area  3  (19‐23%)  ‐  Network  and  Service  Architecture:**  Tasks  and  knowledge  related  to  network  infrastructure,  including  core  networks;  service  frameworks  such  as  IMS;  and  application  architectures  such as voice, video streaming, and messaging. All‐IP services architecture as in 3GPP Rel 6 and beyond,  including Enhanced Packet Services (EPS) as in 3GPP Rel 8 LTE (Long Term Evolution) and EPC (Enhanced  Packet Core).

Analyze  service  platforms,  IP  addressing  schemes  for  various  technologies;  design  and  test  quality  of  service  (QoS); select and  test a load‐balancing scheme; analyze IP  routing and ad hoc  routing and mesh  protocols; perform capacity planning, error  tracking, and  trace analysis; analyze  the evolution of mobile  networks to enable IP multimedia.

**Area  4  (19‐23%)  ‐  Network  Management  and  Security:**  Tasks  and  knowledge  related  to  fault,  configuration, account,  performance, maintenance,  security management, management availability, and  operation support systems (examples include network service assurance and provisioning).

Design  a  fault  monitoring  system  and  a  performance  monitoring  system;  develop/specify  types  and  methods  of alarm  reporting;  compute availability and  reliability metrics; assess  the  potential impacts  of  known security attacks; plan corresponding solutions to known security attacks.

**Area 5 (8‐12%) ‐ Facilities Infrastructure, Standards and Regulations:** Tasks and knowledge related to the  specification,  design,  implementation,  and  operation  of  facilities  and  sites,  and  externally  imposed  compliance requirements and conformance testing, including interoperability.

Determine  power  consumption;  analyze  electrical  protection  requirements  and  design  the  electrical  protection  layout  for  a  wireless  telecommunications  facility;  determine  the  required  antennas  for  the  facility and  their  positions;  develop a  specification  for  the  required  structure  for a wireless  base  station  facility;  determine  the  required  cable,  antennas,  and  materials  to  implement  an  in‐building  wireless  network; evaluate equipment compliance with industry standards, codes, and site requirements.

**26** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

Assess service and equipment quality; prepare specifications  for purchasing services and equipment and  evaluate  the  responses;  verify  compliance  with  regulatory  requirements;  select  and  analyze  frequency  assignments;  perform  standardized  homologation  tests  as  required  by  regulatory  or  standardization  bodies;  evaluate  compliance  with  health,  safety,  and  environmental  requirements;  perform  conformance/interoperability  analyses  of  systems  and  components;  analyze  the  use  of  licensed  vs.  unlicensed spectrum; obtain licenses and permits.

**Area  6  (11‐16%)  –  Emerging  New  Paradigms  and  Services:**  Tasks  and  knowledge  related  to  ongoing  developments  in  protocols  and  architectures  for  emerging  new  standards  in  wireless  (5G,  802.11)  and  service requirements and application scenarios.

Analyze new network and service provisioning architectures (e.g. 5G); emerging standards in W‐WAN and  W‐LAN  (especially  recent  developments  of  IEEE  802.11);  network  virtualization  and  slicing;  Internet  of  Things  (IoT);  Machine  Type  Communications  (MTC);  evolution  of  the  Evolved  Packet  Core;  analyze  the  evolution of wireless systems to support emerging applications.

**Area  7  (8‐12%)  ‐  Fundamental  Knowledge:**  Basic  knowledge  that  a  wireless  communications  engineer  would use in order to perform tasks across all domains.

Apply basic concepts related to electrical engineering, communications systems, and general engineering  management.

**Area 1 — RF Engineering, Propagation, Antennas, and Signal Processing**

**Tasks:**

**T1.01**  Calculate link budgets to evaluate system performance and reliability based on received signal  level and fade margin (examples might include satellite, microwave link, base station to mobile station,  wireless LAN and PAN); calculate path loss for various RF transmission systems (examples might include  between isotropic or dipole reference antennas, base station to mobile station, base station to repeater,  earth station to satellite, LOS/NLOS paths, and clutter losses).

**T1.02**  Calculate the capacity of various multiple‐antenna schemes, and analyze the tradeoffs involved in  selecting from among alternative schemes (calculations might include analysis of pre‐coding techniques).

**T1.03**  Evaluate the effects of different fading models (examples might include Rayleigh and lognormal)  and empirical path loss models on the received signal strength in various signal propagation environments  (examples might include flat terrain, rolling hills, urbanized areas, and indoor environments [such as  buildings or tunnels] with losses caused by walls, ceilings, and other obstructions).

**T1.04**  Calculate and evaluate the effects on the received signal of path‐related impairments, such as  Fresnel Zone blockage, delay spread, and Doppler shift of a signal received by a moving receiver.

**T1.05**  Calculate the polarization mismatch loss for various antenna systems (examples might include  fixed microwave systems, cellular and mobile radio systems, and satellite systems).

**T1.06**  Evaluate receive diversity gain for selection, equal gain, and maximal ratio diversity system  configurations.

**T1.07**  Determine parameters related to antennas or antenna arrays (examples might include pattern,  beamwidth, gain, SAR‐reduction features, distance from an antenna or array at which far field conditions  apply, spacing, beam forming, tilt, and sectorization) and analyze the effects of these parameters on  coverage.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **27** 2019 Candidate’s Handbook

**T1.08** Determine appropriate antenna location at base station sites to prevent inter‐system and intra‐  system interference effects, taking into account required radiation patterns and mutual coupling effects.

**T1.09**Generate and evaluate coverage and interference prediction maps (examples might include maps  for cellular, mobile radio, and WLAN systems).

**T1.10**Develop and analyze a procedure to optimize the coverage of a radio system using propagation  modeling and “drive test” measurements.

**T1.11** Develop a block diagram of an RF system (examples might include cellular, land mobile, and WLAN)  employing standard modules (examples might include filters, couplers, circulators, and mixers) and/or  using lumped or distributed matching networks, microstrips, and stripline.

**T1.12**Make and analyze RF system measurements (examples might include swept return loss to  determine antenna system performance, transmitter output power [peak or average, as appropriate],  signal‐to‐noise ratio at a receiver front end, and co‐channel and adjacent‐channel interference for specific  types of signal spectra).

**Knowledge of:**

**K1.01** different types of losses (examples might include transmission line loss, antenna gain, connector  losses, and path loss)

**K1.02** procedures to calculate antenna gain and free space path loss

**K1.03** statistical fading models and distance‐power (path loss) relationships in different propagation  environments

**K1.04** the effects of outdoor terrain and indoor structures such as walls, floors, and ceilings on signal  propagation

**K1.05** common deterministic, statistical, and empirical propagation models (examples might include free  space, Okumura, Longley‐Rice, and ray‐tracing) and software modeling tools (examples might include EDX  Signal, ATDI, PathLoss, and similar radio network planning tools) used to implement them

**K1.06** topographical maps and digital terrain databases

**K1.07** indoor and outdoor coverage calculation and verification techniques

**K1.08** Es/N0, Eb/N0, RSSI, NF, and other system parameters

**K1.09**  the relationship between receiver noise figure, noise temperature, and receiver sensitivity and the  relationship between sensitivity under static conditions and the degradation of effective receiver  sensitivity caused by signal fading in different propagation conditions

**K1.10**external noise sources and their impact on the S/N ratios of received signals, and techniques for  measuring the impact of external noise

**K1.11** basic antenna system design and use including antenna types (examples might include  omnidirectional, panel, parabolic, dipole array, indoor antennas), antenna patterns, gain and EIRP, EIS,  ERP, TIS, TRP, antenna size, antenna polarization, receive and transmit diversity, antenna correlation  coefficients (examples might include MIMO antenna systems), and proper antenna installation to provide  for coverage, interference mitigation, and frequency reuse

**K1.12**adaptive antenna methods and techniques, including null‐steering, selection diversity, optimal‐ratio  combining, adaptive antennas, spatial multiplexing, space‐time coding, and MIMO techniques

**28** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**K1.13** subscriber unit, mobile, and device antennas and their performance characteristics, including SAR‐  reduction characteristics

**K1.14** use of test equipment such as network analyzers, spectrum analyzers, and TDRs

**K1.15** co‐channel and adjacent channel interference analysis and measurement methods and techniques;  multi‐user detection and interference‐cancellation schemes and their limitations

**K1.16**filters, power dividers, combiners, and directional couplers

**K1.17** signal processing techniques, including matched filtering, adaptive filtering, adaptive equalization,  and Rake processing

**Area 2 — Wireless Access Technologies**

**Tasks:**

**T2.01**Analyze multiple access schemes for various technologies.

**T2.02**Analyze spectrum implications in wireless access system design (examples might include  applications, TDD/FDD, inter‐modulation, LOS/NLOS, coverage/capacity).

**T2.03** Analyze design considerations and perform system design to eliminate coverage holes and to  optimize capacity/coverage in urban/indoor areas.

**T2.04**Design and analyze a wireless access system (examples might include AP placement and channel  selection) according to given bandwidth requirements, coverage, and other considerations.

**T2.05**Test devices with respect to interference issues in various operating environments (examples might  include TDMA, CDMA, WCDMA, WLAN, 802.15).

**T2.06** Perform interference analysis (examples: co‐site interference in TDMA, CDMA, WCDMA, WLAN,  802.15, and GSM; effect of interference on capacity in cellular, WLAN, WAN, ad hoc and sensor networks).

**T2.07** Compute the required bandwidth for a wireless system given certain network conditions (examples  might include BER, flow count, and protocols in use).

**T2.08** Analyze the tradeoffs (examples might include bandwidth versus BER) of various error detection and  correction techniques.

**T2.09**Analyze the tradeoffs and capacity implications of mitigation techniques for time‐varying channels,  including channel estimation; time‐ and frequency‐recovery and tracking; modulation/demodulation; pre‐ coding; and power control schemes (examples: scheduling algorithms, bandwidth versus power efficiency  analysis).

**T2.10**Calculate frequency re‐use factor.

**T2.11**Design fundamental elements/attributes of wireless network systems (examples might include  cellular, 802.16, WLAN, and satellite).

**T2.12**Analyze the steps involved in the process of handover/handoff for various wireless systems  (examples might include UMTS, CDMA2000, 802.16, and WLAN).

**T2.13** Analyze the tradeoff between the size of a paging area and the location update frequency.   **Knowledge of:**

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **29** 2019 Candidate’s Handbook

**K2.01** multiple access and multiplexing schemes (examples might include TDMA, CDMA, OFDMA, FDMA,  and SDMA)

**K2.02** technology standards and their evolution (examples might include WCDMA, CDMA2000, LTE,  802.11, 802.15, and 802.16)

**K2.03** error detection and correction, ARQ, HARQ, Turbo Coding, link‐adaptation, modulation/  demodulation, and pre‐coding techniques

**K2.04** objectives of channel‐estimation and power‐control schemes and their operation   **K2.05** handover/handoff/mobility management, including inter‐technology handover/handoff  **K2.06** paging functions

**K2.07** the major components of a wireless network topology

**K2.08** LEOS, MEOS and geostationary satellites, their bands, and their usage for broadcasting

**Area 3 — Network and Service Architecture**

**Tasks:**

**T3.01** Analyze service platforms including service enablers (examples might include messaging,  positioning, and location), service creation/delivery (examples might include Open Service Access and  Parlay), and service‐oriented architecture (SOA). Design and engineer various VAS (CRBT, SMS, VMS,  Alerts, etc.) services on wireless network CORE. Design optimum network services for data traffic.

**T3.02** Analyze IP addressing schemes for various technologies (examples might include Mobile IP, RObust  Header Compression [ROHC] as in VoIP over HSPA or LTE, IPv4, and IPv6).

**T3.03**  Design and test quality of service (QoS) (examples might include design and plan for adequate  resources, selecting priority schemes, prioritization of differentiated services, queuing strategies, mapping  of QoS classes between network and transport layers and call admission control) for VoIP and IMS‐based  services. Calculate Capacity and Grade of Service (GOS) for a cellular network e.g., GSM/WCDMA/LTE  networks. Provision QoS for different applications per 3GPP standards, e.g. through QCI, ARP, etc. for  LTE/EPC networks.

**T3.04** Select and test a load‐balancing scheme.

**T3.05** Analyze IP routing (examples might include interpreting an IP routing table).  **T3.06** Analyze ad hoc routing and mesh protocols, and suitability for various deployment scenarios.  **T3.07**Perform capacity planning using traffic engineering principles.

**T3.08** Perform error tracking and trace analysis on protocol control messages for specific systems.

**T3.09** Analyze the evolution of mobile networks to enable IP multimedia services (including circuit‐  switched to packet‐switched network evolution).

**T3.10**Analyze intra‐ and inter‐domain roaming (examples might include roaming within a country or in  different countries in 3GPP networks). Analyze service continuity across domains (e.g., VoIP in LTE and  circuit‐switched voice in GSM/W‐CDMA networks).

**T3.11** Analyze the functioning of TCP/IP major transport protocols (examples might include TCP, UDP, and  RTP) in the context of wireless communications and limitations of PING/Ack.

**30** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**T3.12**Develop a simple block diagram‐level design for a network operations center (examples might  include digital cellular, web‐based mobile content, multimedia broadcast, and SMS).

**Knowledge of:**

**K3.01** IMS (IP multimedia subsystems) and its architecture, including session control and switching plane;  knowledge of different VAS in wireless domain

**K3.02**VoIP/IP‐multimedia protocols

**K3.03** wireless service enablers evolution, including call processing architecture/framework, feature  development/enhancement, as well as applications such as presence, location, etc. policy rules, decisions,  charging and enforcement

**K3.04** location and positioning techniques

**K3.05**load balancing principles in the context of wireless communications, and methods to avoid single  point of failure through active/active or active standby, and concept of self organizing networks (SON)

**K3.06**IP routing and mobile IP networking and addressing schemes including WLAN systems. IP evolution  in wireless access ‐ backhaul and packet core connectivity

**K3.07** error tracking and trace analysis techniques for dropped cells, access failures and other network  related problem reports

**K3.08** circuit switched and packet switched data and packet cellular networks and the differences between  them; knowledge of various data capable technologies ‐ 1xRTT, EVDO, GPRS/EDGE, LTE

**K3.09**roaming and roaming controls

**K3.10** TCP/IP including transport protocols including WLAN systems

**K3.11** Access Point Name and its functionality

**K3.12**heterogeneous architecture for single‐hop and multi‐hop wireless networks

**Area 4 — Network Management and Security**

**Tasks:**

**T4.01** Design a fault monitoring system (examples might include using SNMP TRAP/NOTIFICATION, and  using 2G OAM&P standards at Network Element Layer [NEL], Equipment Management Layer [EML], and  Network Management Layer [NML]).

**T4.02**  Design a performance monitoring system (examples might include using SNMP GET/SET and  performance measurement on radio layer, BTS and RNC, usage and traffic analysis and accounting,  monitoring SAACH frame error rate in 3GPP networks).

**T4.03** Develop/specify types and methods of alarm reporting for an installation, and other OAM&P.

**T4.04** Compute availability and reliability metrics from both the “network performance” and “system  designer” perspectives (related to equipment failure).

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **31** 2019 Candidate’s Handbook

**T4.05**  Assess the potential impacts of known security attacks on wireless systems (examples might include  virus, worm, DoS, network sniffing, flooding and impersonation; additional examples might include  SIM/USIM card cloning, attempting bank transaction using prepaid cellular handsets, integrity of SMS,  multi subscription of USIM card etc).

**T4.06** Plan corresponding solutions to known security attacks (examples might include stolen SIM card,  stolen PIN, use of different handsets using the same SIM card etc).

**T4.07** Monitor, log, and audit security‐related data (including tasks such as streaming system logs to third  party box for analysis and reporting).

**T4.08** Analyze security vulnerabilities and prepare/recommend corrective actions; develop comprehensive  test plan for network security testing.

**T4.09**Design and plan a migration to a new network management scheme (including impacts on OSS, BSS,  and billing); design proper access levels (user management) and its implementation.

**T4.10** Analyze wireless accounting and billing schemes including inter‐operator accounting.  **T4.11**Design and establish VPN communications from client to host.

**T4.12** Design a secure system using state‐of‐the‐art solutions

**Knowledge of:**

**K4.01** quality of service (QoS) monitoring and control

**K4.02**fault management

**K4.03** configuration management including licensing mechanisms, feature addition/integration, system  initialization and installation, policy‐based management, role‐base access control, level of security offered  OTA by standard cellular and wireless systems, and architectures for service management

**K4.04**  authentication, authorization, and accounting (AAA) principles and mechanisms and APN security;  CAVE, A3/A8 and other authentication algorithms ‐ separating mobile from subscription data; cellular  authentication schemes based on HLR, VLR, SIM card

**K4.05** types of security attacks on wireless networks (examples might include use of stolen SIM card,  fraudulent techniques to use handsets in non‐designated areas)

**K4.06** protocols to secure wireless networks (examples might include Application Security, Web security  and Secure Socket Layer, VPN, RADIUS, DIAMETER, HLR/VLR and encryption methods based on cellular  algorithms), and Self Organizing/Optimizing networks for next generation networks

**K4.07**security‐violation events logging and monitoring, attempts towards billing fraud, SIM card  manipulation and detection, etc. and different security testing tools

**K4.08** security issue management and resolution (examples might include management of A‐key, OTAP  and HLR/VLR updates, monitoring handoff and reauthentication during call)

**K4.09**  network management protocols (examples might include simple network management protocol  [SNMP], network scanning for BTS identification, interface measurements, data quality measurements,  video quality measurements, verification of test mobile phones, acquisition of calibration data for  planning tools)

**32** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**K4.10**performance metrics pertinent to various access networks (examples might include Carrier to  Interface (C/I) matrix; recommended changes to neighbor list to ensure appropriate cell handovers and  others)

**K4.11** IP security, Encapsulation Security Payload (ESP), Internet Key Exchange, and digital signature; root  authentication keys in removable UIM, Data Subscriber Authentication ‐ DSA over the air interface

**K4.12** MIB, RMON, and Internet Control Messaging Protocol (ICMP)

**K4.13**  intrusion detection systems, DDoS attacks, and traceback techniques; GSM security IMSI/TMSI,  RAND, SRES‐HLR and AuC checking methods, network controlled policies, on‐line and off‐line charging for  pre‐paid subscribers

**K4.14** operational process models (examples might include ITIL and eTOM); writing A‐key into mobile −  manual and over‐the‐air procedures

**K4.15** hot billing during call, hot billing after call, and similar cases

**K4.16**OTAP (Over the air provisioning methods), USIM (Universal SIM) card architecture, Kasumi security  algorithm

**K4.17** mobile money transaction methods, near‐field communications and security  **K4.18** knowledge of state‐of‐the‐art network security solutions

**Area 5 — Facilities Infrastructure, Standards and Regulations**

**Tasks:**

**T5.01** Determine the power consumption of a unit of communications equipment (examples might include  tower amplifier modules, pressurization systems for waveguides).

**T5.02** Determine the power consumption for a facility containing communications equipment (examples  might include base station amplifier racks, microwave system rack etc.).

**T5.03**Design a DC power plant to support the facility for a given required reserve time.

**T5.04** Analyze the electrical protection requirements (includes grounding/earthing, bonding, shielding, and  lightning protection) and design the electrical protection layout for a wireless telecommunications facility.

**T5.05** Design a wireless communication facility layout plan with considerations for heating, air  conditioning, ventilation, and structural issues.

**T5.06** Determine the required antennas for the facility, including specification of the antenna system from  RAN to Antenna. Identify and size common types of antenna, amplifiers, and cable for a given scenario.

**T5.07** Determine the required antenna positions on a structure (examples might include towers located in  remote/extreme conditions such as mountain tops, arctic areas, etc.).

**T5.08** Design the waveguide/transmission line layout between the communications electronics and the  antenna(s).

**T5.09** Coordinate with other users when implementing a communications system in a shared location.

**T5.10** Develop a specification for the required structure for a wireless base station facility based on the  required antenna sizes and elevations above ground.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **33** 2019 Candidate’s Handbook

**T5.11** Determine the required cable, antennas, distributed antenna systems, and materials to implement  an in‐building wireless network.

**T5.12** Determine the required number of racks on which to mount the equipment and the rack layout and  placement, taking into account the maintainability of the equipment.

**T5.13** Evaluate equipment compliance with industry standards, codes, and site requirements such as  NEBS/ETSI specifications as well as ANSI, IEC, local/city regulations, right of way, and other applicable  standards.

**T5.14** Design a site‐specific alarm and surveillance system.

**T5.15** Prepare specifications for purchasing services and equipment, and evaluate the responses, including  relevant country‐specific standards (examples might include preparing request for proposals for  introducing new services/licenses and evaluating submitted proposals for implementation of universal  services projects).

**T5.16** Verify compliance with regulatory requirements (examples might include licensing, standards, rules,  and regulations).

**T5.17** Select and analyze frequency assignments.

**T5.18** Evaluate compliance with health, safety, and environmental requirements.

**T5.19** Perform conformance/interoperability analyses of systems and components, including self  organizing and self optimizing networks for NGN.

**T5.20** Analyze the use of licensed vs. unlicensed spectrum.

**T5.21** Obtain and draft licenses and permits where required, including software, hardware, product  licenses (open source, GNU, IP, patent laws).

**T5.22** Perform market analysis, study of market indicators, and pricing of telecom services.

**Knowledge of:**

**K5.01** procedures to determine the power consumption of wireless communications equipment (examples  might include satellite earth station facility, ship/small island based facility, etc.)

**K5.02**how to determine the power required to support a site (examples might include solar and wind  based support for tower sites, considerations of bird nests, heated radome, etc.)

**K5.03** the application of AC and DC power systems (examples might include urban towers based on roof  tops, tunnels and bridges)

**K5.04** the application of alternative energy sources to wireless communications facilities (examples might  include use of solar, wind power, or bio‐mass in rural areas)

**K5.05**heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) requirements

**K5.06** equipment racks, rack mounting spaces, and related hardware

**K5.07** electrical protection (including grounding/ earthing, bonding, shielding, and lightning protection)

**K5.08** basic waveguides and transmission lines (examples might include elliptical waveguides, multiple  cables runs, pressurization and sealing of connectors, etc.)

**34** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**K5.09** tower specifications and standards (examples might include wind load calculation based on Effective  Plate Area, alignment kits, and elevation angle measurements)

**K5.10** physical security requirements

**K5.11**alarm and surveillance systems

**K5.12**effects of environmental exposure (examples might include corrosion, temperature, and UV  susceptibility)

**K5.13** NEBS/ETSI specifications as well as ANSI, IEC, and other applicable standards, codes, and other  relevant site‐specific requirements

**K5.14** where to find expertise in structural engineering, fire suppression, and other building systems

**K5.15** regulatory requirements and telecom laws (examples might include international, national, and  local); emerging standards and network evolution (examples might include convergence of networks, IMT‐ advanced); regulatory pillars (examples might include transparency, free competition) and mandates  (examples might include consumer protection, universal service); international organizations and  corresponding structure and functions (examples might include the role of ITU and its subdivisions)

**K5.16** spectrum licensing (examples might include leasing options, primary and secondary assignments in  license)

**K5.17**spectrum characteristics, availability, and management including formal methods of measurements  to report non‐compliance to regulatory bodies

**K5.18** local and site‐specific rules/codes (examples might include the National Electric Code in the US and  analogous codes in other countries) and engineering regulations (examples might include when  engineering work needs to be sealed by a Professional Engineer)

**K5.19** electrical and RF safety (examples might include UL, EC, CSA, and IEEE C.95)

**K5.20** frequency assignment databases and online tools (examples might include verification of registered  users in the area, experimental bands and their usages)

**K5.21** health, safety, and environmental issues (examples for RF safety might include SAR limits for  different countries [e.g., American limits vs. European limits for accepted SAR‐values] and their different  ways to measure it)

**K5.22** equipment type approval processes/requirements

**K5.23** how to identify and locate appropriate industry technical standards, applicable codes, and other  pertinent requirements

**Area 6 — Emerging New Paradigms and Services**

**Tasks:**

**T6.1**Analyze new network and service provisioning architectures

**T6.2** Design, configuration and dimensioning of an 4G LTE and LTE‐A system: protocols and architecture  **T6.3** Understand the evolution of cellular networks towards 5G

**T6.4** Design solutions for network virtualization and slicing

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **35** 2019 Candidate’s Handbook

**T6.5** Evolution of Wireless WAN and LAN standards: IEEE 802.11, IEEE 802.15, LoRA, etc.  **T6.6** Design of modern WLAN solutions (recent evolutions of IEEE 802.11 beyond ac/ad)  **T6.7** Understand the requirements and deployment scenarios of the Internet of Things (IoT)  **T6.8** Understand the requirements and deployment scenarios of Machine Type Communications (MTC)  **T6.9** Understand the requirements and deployment scenarios of Vehicle Communications (V2X)  **T6.10** Adapt solutions to the evolution of the Evolved Packet Core

**T6.11** Analyze the evolution of cellular wireless systems (RAN and core)

**T6.12** Analyze the evolution of wireless systems to support emerging applications

**Knowledge of:**

**K6.1**Knowledge of 4G LTE and LTE‐A protocols and architecture

**K6.2**Knowledge of 5G New Radio standard

**K6.3** Knowledge of the 5G architecture, including network slicing and virtual network functions  **K6.4**Knowledge of application scenarios for wireless networks (IoT, MTC, V2X)

**K6.5** Knowledge of WiFi and its recent evolutions (IEEE 802.11b/a/g, to .11n/ac, to modern versions)  **K6.6** Knowledge of 5G RAN and EPC architectural components and protocols

**Area 7 — Fundamental Knowledge**

**Knowledge related to electrical engineering**

**K7.1** fundamental AC/DC circuit analysis

**K7.2** mathematics including linear algebra, probability, statistics, and Boolean arithmetic

**K7.3** operation of complex test instruments, including oscilloscopes, spectrum analyzers, network  analyzers, TDRs, and signal generators

**K7.4** frequency spectrum and Fourier transforms

**K7.5** basic printed circuit board design considerations

**K7.6** transmission theory and lines, antennas, and basic electromagnetic wave theory and applications  **K7.7** power calculations (examples might include dB, dBm, and dBx)

**K7.8** basic concepts of queuing theory and traffic analysis

**K7.9**basic signal processing (examples: analog and digital processing; quantization; linear filtering theory,  concepts, and design)

**K7.10** basic concepts related to optical communications basic electronic system‐level block diagrams basic  power supply design

**Knowledge related to communication systems**

**36** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**K7.13** basic communications and information theory (analog and digital)

**K7.14** basic telephony (including signaling, switching, and transmission)

**K7.15**noise impairments

**K7.16**basic EMI, EMC, and interference

**K7.17** frequency allocations and reuse

**K7.18** modulation techniques for analog (examples might include AM, FM, and PM)  **K7.19** modulation techniques for digital (examples might include FSK, PSK, and QAM)  **K7.20** wireless multiple‐access schemes (examples might include FDMA, TDMA, CDMA, and variants)  **K7.21** basic satellite communications

**K7.22** digital data transmission formats (examples might include E1/T1 and OC‐n/SDH)  **K7.23** basic components of RF circuitry

**K7.24** basic RF circuit design, including filter design

**K7.25**basic RF coupling, radiation, and antenna theory concepts

**K7.26** measurements for RF circuits and sub systems, such as output power, receiver sensitivity, noise  figure, linearity performance, and spectral performance

**Knowledge of general engineering management:**

**K7.27** project management methods and processes

**K7.28** fundamental engineering economics

**K7.29** design and configuration for ease of maintenance

**K7.30** documentation and configuration control schemes

**K7.31** IEEE Code of Ethics

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **37** 2019 Candidate’s Handbook

**Appendix B:  Suggested References**

The following list of suggested references has been created to guide candidates towards the topics that  are relevant to wireless technologies covered by the WCET certification examination. The list is, however,  not exhaustive; many other useful resources exist and should be considered by applicants studying for the  examination. Inclusion on this list is not intended as an endorsement of any book, nor does absence from  this list imply anything about the content or utility of any reference.  References are listed in alphabetical  order by author’s name.

**BOOKS**

∙ C.A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design, 4th Ed.*, Wiley, 2016.

∙ C. Beard and W. Stallings, *Wireless Communication Networks and Systems*, Pearson, 2016. ∙ E. Dahlman, S. Parkvall, and J. Skold, *4G: LTE‐Advanced Pro and the road to 5G, 3rd Ed.,*Academic Press, 2016. ∙ D. Declercq, M. Fossorier, E. Biglieri, *Channel Coding: Theory, Algorithms, and Applications*, Elsevier, 2014 ∙ R. Kreher and Gaenger, *LTE Signaling: Troubleshooting and Performance Measurements*, *2nd Ed.*, Wiley, 2016. ∙ H. Lehpamer, *Microwave Transmission Networks, 2nd Ed.,*McGraw Hill, 2010.

∙ C. Oestges and B. Clerckx, *MIMO Wireless Networks: Channels, Techniques and Standards, 2nd Ed.,*Academic Press, 2013.

∙ J.G. Proakis and M. Salehi, *Fundamentals of Communication Systems, 2nd Ed.,*Pearson, 2014. ∙ T. S. Rappaport, R. Heath, R. Daniels, J. Murdock, *Millimeter Wave Wireless Communication,*Prentice Hall, 2015. ∙ M. Richharia, *Mobile Satellite Communications: Principles and Trends,*Wiley, 2014.

∙ G. Shi, K. Li, *Signal Interference in WiFi and ZigBee Networks*, Springer, 2017.

∙ W. Stallings, *Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud*, Addison‐Wesley Professional, 2015.

∙ P. Goransson, C. Black, T. Culver, *Software Defined Networks: A Comprehensive Approach,* Morgan Kaufmann, 2016.

∙ R. Chayapathi, S.F. Hassan, P. Shah, *Network Functions Virtualization (NFV) With a Touch of SDN*, Addison‐ Wesley Professional, 2016.

∙ S.V. Kartalopoulos, *Security of Information and Communication Networks*, Wiley‐IEEE Press, 2009. ∙ J. F. Kurose, K. W. Ross, *Computer Networking: A Top‐Down Approach*, Pearson, 2016.

**HANDBOOKS**

J.D. Gibson, Editor‐in‐Chief, *The Mobile Communications Handbook (3rd Ed.),*CRC Press, 2012. International Telecommunications Union – Radio communication Sector (www.itu.int/pub/R‐HDB) *Land Mobile Handbook, multiple volumes*

*Satellite Communications Handbook*

National Association of Broadcasters Engineering Handbook (11th Edition), Focal Press / NAB, Oct 2017  http://www.nabstore.com/National\_Association\_of\_Broadcasters\_Engineering\_p/9781138930513.htm

**ONLINE RESOURCES**

Jong‐Moon Chung, *Wireless Communication Emerging Technologies*, MOOC created by Yonsei University  (https://www.coursera.org/learn/wireless‐communication‐technologies)

J.P. Linnartz, *Wireless Communication Reference Website, Chapter 3: Wireless Propagation Channels* (www.wirelesscommunication.nl/reference/chaptr03/propmain.htm)

**38** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**Appendix C:  Sample Examination Questions**

The following questions are typical of those that will be used on IEEE WCET certification examinations. An  answer key may be found at the end of this Appendix.

1. A mobile terminal moving at a speed of 30 m/sec is receiving a signal with a center frequency of 2 GHz, having a bandwidth of 5 MHz. The received signal has a delay spread of 2 μsec. The full Doppler spread of the received signal is approximately:

1. 0.5 MHz

2. 200 Hz

3. 400 Hz

4. 2.5 MHz

2. In a CDMA cellular system, the coverage region of a cell located in a dense urban environment at 5:00 PM (busy hour) is most likely to be:

1. The same as the coverage at 3:00 AM (dead hour) because transmit power remains the same. 2. The same as the coverage at 3:00 AM (dead hour) because propagation remains the same. 3. smaller than the coverage of 3:00 AM (dead hour) because of higher cell loading. 4. Smaller than the coverage at 3:00 AM (dead hour) because of more signal fading due to more cars on the street.

3. To overcome the near‐far‐problem, the CDMA implementation for cellular telephony uses: 1. Signal spreading.

2. Power control.

3. Code word orthogonality.

4. Frequency re‐use.

4. The choice of a duplexing method depends on the:

1. Chosen multiple access technology.

2. Nature of the available spectrum and of the traffic in uplink/downlink.

3. Modulation type and error‐correction statistics.

4. Modulation type and the multiple access technology.

5. Fourth‐generation (4G) standards are being developed under the umbrella of the ITU using which of the following names?

1. IMT‐2000 (International Mobile Telecommunications 2000)

2. FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication System)

3. IMT‐Advanced (International Mobile Telecommunications — Advanced)

4. LTE (Long Term Evolution)

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **39** 2019 Candidate’s Handbook

6. In 802.11 using RTS/CTS as an access scheme where the duration of RTS, CTS, and an ACK are all equal to T, the Short Interframe Spacing duration equals S and the data packet duration of the transmitting source is D, the total period allocated to the transmitting terminal and no others is: 1. 3T+4S+D

2. 3T+3S+D

3. 3T+S+D

4. 3T+2S+

7. The relationship among the IEEE 802.11 timing parameters is:

1. SIFS<PIFS<DIFS.

2. PIFS<SIFS<DIFS.

3. SIFS>PIFS>DIFS.

4. SIFS<DIFS<PIFS.

8. Consider a receiver with an effective noise temperature of 33° C (306 K) and a 7‐kHz bandwidth. Boltzmann’s constant is 1.38 × 10–23 Joules/degree K. The equivalent thermal noise of the receiver input is:

1. –135.3 dBW

2. –173.7 dBW

3. –165.3 dBW

4. –203.7 dBW

9. A fundamental architectural difference between Mobile IPv4 and Mobile IPv6 is that: 1. Mobile IPv6 does not require Home Agent (HA).

2. Mobile IPv4 dynamic home agent discovery returns a single reply to the mobile node. 3. Mobile IPv6 provides secure but less optimized routes than Mobile IPv4.

4. Mobile IPv6 does not require Foreign Agent (FA).

10. A mobile terminal in a CDMA network transmits a channel with a data rate of 12.2 kbps and has an activity factor of 67%. If the target Eb/N0 is 5 dB and the chip rate is 3.84 Mcps, the channel’s load factor is:

1. 1.0 × 10‐2

2. 1.6 × 10‐2

3. 3.2 × 10‐3

4. 6.7 × 10‐3

11. A communication satellite is operating at 12.75 GHz with EIRP=48 dBW. The ground terminal is 35786 km from the satellite and has a receive antenna with 33.37 dBi gain. The receiver noise temperature is 22.43 dBK. Based on these data, what is the received carrier to noise‐spectral density C/N0? 1. 15.17 dB

2. 65.28 dB

3. 81.91 dB

4. 141.91 dB

**40** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

12. The maximum Doppler shift of a signal with a carrier frequency of 28 GHz as received by a vehicle moving at 36 km/h is:

1. 75.6 Hz.

2. 933 Hz.

3. 2968 Hz.

4. Cannot be determined with the given information.

13. Which of the following transmitter antenna systems is the most efficient?

1. An antenna system that has a return loss of 9.54 dB

2. An antenna system that has a voltage standing wave ratio of 1.5:1

3. An antenna system that has a reflection coefficient of 1/3

4. An antenna system that has a voltage standing wave ratio of 2:1

14. The multiple access method used in Global System for Mobile (GSM) communications standards is: 1. Othgogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA).

2. Time Division Multiple Access (TDMA).

3. Frequency Division Multiple Access (FDMA).

4. Code Division Multiple Access (CDMA).

15. Bluetooth is an example of a Personal Area Network (PAN) that:

1. can form a wireless network over a limited distance.

2. Uses 5.8 GHz frequency band for communication.

3. Can enable soft handover (i.e., handoff) between two PANs.

4. Is an essential feature of 3G specification?

16. Universal garage door openers operating in the 30 ‐ 40 MHz are manufactured in Europe. What action should be recommended before the units could be sold in the USA?

1. To get Underwriter Lab (U/L) certification is recommended but not an essential prerequisite. 2. No action is needed since a universal garage door opener operates over a short range and it operates in an unlicensed band.

3. A homologation process is needed since ETSI and FCC standards for testing the device do not have a one‐to‐one correspondence.

4. Since units are built to metric measurements, verify that they are compatible with the standards of the local distributor.

17. An encryption technique that does NOT rely on the source and destination system sharing the same encryption key is:

1. Private key encryption.

2. Secret key.

3. Public key.

4. Open key.

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **41** 2019 Candidate’s Handbook

18. Radio Jamming attack works at what layer?

1. Physical Layer

2. Session Layer

3. Presentation Layer

4. Network Layer

19. The error protection/recovery strategy most appropriate for a wireless link characterized by poor signal quality and high propagation delay is:

1. Forward error correction.

2. stop‐and‐wait ARQ.

3. Selective repeat ARQ.

4. go‐back‐N ARQ.

20. Which one of the following statements best explains the frequency selective fading phenomenon? 1. It arises when the coherence time of the channel is large relative to the delay constraint of the channel.

2. The coherence bandwidth of the channel is smaller than the bandwidth of the signal. 3. The coherence bandwidth of the channel is greater than the bandwidth of the signal. 4. It occurs when the coherence time of the channel is small relative to the delay constraint of the channel.

Answers: Q1 – 3; Q2 – 3; Q3 – 2; Q4 – 2; Q5 – 3; Q6 – 2; Q7 – 1; Q8 – 3; Q9 – 4; Q10 – 4; Q11 – 3; Q12 – 2;  Q13 – 2; Q14 – 2; Q15 – 1; Q16 – 3; Q7 – 3; Q18 – 1; Q19 – 1; Q20 ‐ 2

**42** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**Appendix D:  Glossary**

**3DES** Triple DES Encryption  **3G** 3rd Generation Mobile  Telecommunications

**3GPP** 3rd Generation Partnership  Project

**3GPP2** 3G Partnership Project 2

**A5** Encryption algorithm in GSM  **AAA** Authentication, Authorization,  and Accounting

**AAD** Additional Authentication Data  **ACK** Acknowledge

**ACM** Address Complete Message  **ACM** Adaptive Code Modulation  **ADC** Analog to Digital Converter

**AES** Advanced Encryption Standard  **AF** DiffServ Assured Forwarding  **AFD** Average Fade Distortion  **AGC** Automatic Gain Control  **ALC** Automatic Level Control  **AM** Amplitude Modulation  **AMC** Adaptive Modulation and Coding  **AMPS** Advanced Mobile Phone System  **ANM** Answer Message

**ANSI** American National Standards  Institute

**AODR** Ad hoc On Demand Routing  **AP** Access Point

**APD** Avalanche Photo Diode  **AR** Axial Ratio in Elliptical  Polarization

**ARIB** Association of Radio Industries  and Businesses

**ARQ** Automatic Repeat‐Request  **AS** Application Server

**ASCII** American Standard Code for  Information Interchange

**ASK** Amplitude Shift Keying  **ASN** Access Service Network  **ASN.1** Abstract Syntax Notation One  **ASP** Application Service Provider  **ATIS** Alliance for Telecommunications  Industry Solutions (US)

**ATM** Asynchronous Transfer Mode

**ATPC** Automatic Transmit Power  Control

**AuC** Authentication Center  **AUT** Antenna Under Test

**AUTN** Network Authentication Token  **AUTS** Token used in resynchronization  **AWGN** Additive White Gaussian Noise  **AWS** Advanced Wireless Services

**BCCH** Broadcast Control Channel  **BCMCS** Broadcast and Multicast Services  **BE** Best Effort

**BER** Bit Error Rate

**BGP** Border Gateway Protocol  **BSC** Base Station Controller  **BSS** Basic Service Set

**BTS** Base Transceiver Station

**CB** Certification Body

**CBC** Cipher Block Chaining   **CBC‐MAC** Cipher Block Chaining Message  Authentication Code

**CC** Call Control

**CCCH** Common Control Channel  **CCI** Co‐Channel Interference  **CCM** Counter with CBC‐MAC  **CCMP** Counter with CBC‐MAC Protocol  **CCSA** China Communications  Standards Association

**CDMA** Code Division Multiple Access  **CGM** Conjugate Gradient Method  **CID** Connection ID

**CIR** Carrier to Interference Ratio  **CM** Connection Management  **CMOS** Complementary Metal Oxide  Semiconductor

**COFDM** Coded Orthogonal Frequency  Division Multiplexing

**COMP128** Authentication Algorithm in GSM  **CP** Circular Polarization

**CP** Cyclic prefix

**CPC** Cyclic Prefix Code

**CQI** Channel Quality Indicator  **CRC** Cyclic Redundancy Check  **CRC‐32** Cyclic Redundancy Check, 32 bits

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **43** 2019 Candidate’s Handbook

**CS** Coding Scheme

**CSA** Canadian Standards Association  **CSCF** Call Session Control Function  **CSMA/CA** Carrier Sense Multiple Access  with Collision Avoidance

**CSMA/CD** Carrier Sense Multiple Access  with Collision Detection

**CSN** Connectivity Service Network  **CST** Computer Simulation

Technology

**CTIA** International Association for the  Wireless Telecommunications

Industry

**CTS** Clear to Send

**DARPA** Defense Advanced Research  Projects Agency

**dBi** Decibel Isotropic

**dBm** Decibel Milliwatts

**dBr** Decibel Relative

**DCF** Distributed Coordination  Function

**DCH** Dedicated Channel

**DDoS** Distributed Denial of Service  **DECT** Digital Enhanced Cordless  Telephony

**DES** Data Encryption Standard  **DiffServ** Differentiated Services  **DIFS** Distributed Inter‐frame Space  **DL** Downlink

**DMB** Digital Multimedia Broadcasting  **DNS** Domain Name System  **DoS** Denial of Service

**DPCCH** Dedicated Physical Control  Channel

**DPSK** Differential Phase Shift Keying  **DQPSK** Differential Quadrature (or  Quarternary) Phase Shift Keying

**DRA** Direct Resonator Antenna  **DRC** Data Rate Control

**DS‐CDMA** Direct Source Code Division  Multiple Access

**DSL** Digital Subscriber Line  **DSR** Dynamic Source Routing

**DSS1** Digital Subscriber Signaling System  No. 1

**DSSS** Direct Sequence Spread Spectrum  **DVB‐H** Digital Video Broadcast ‐  Handheld

**DWDM** Dense Wavelength Division  Multiplexing

**EAP** Extensible Authentication  Protocol

**EAP‐FAST** EAP Flexible Authentication via  Secure Tunneling

**EAPoL** EAP over LAN

**EAP‐TLS** EAP Transport Layer Security  **EAP‐TTLS** EAP Tunneled TLS

**E‐DCH** Enhanced Dedicated Channel  **EDGE** Enhanced Data Rates for GSM  Evolution

**EF** DiffServ Expedited Forwarding  **EGC** Equal Gain Combining

**EGPRS** Enhanced GPRS

**EIA** Electronic Industries Alliance  **EIR** Equipment Identity Register  **EM** Electromagnetic

**EMC** Electromagnetic Compatibility  **EP** Elliptical Polarization

**ERP** Effective Radiated Power  **ESD** Electrostatic Discharge  **ESS** Extended Service Set

**ET** Error Tracking

**eTOM** Enhanced Telecom Operations  Map

**ETSI** European Telecommunications  Standards Institute

**FA** Foreign Agent

**FACA** Federal Advisory Committee Act  (US)

**FBSS** Fast Base Station Switching  **FCAPS** Fault Configuration Accounting  Performance and Security

**FCC** Federal Communications  Commission (US)

**FDD** Frequency Division Duplex  **FDDI** Fiber Distributed Data Interface  **FDMA** Frequency Division Multiple  Access

**FDTD** Finite Difference Time Domain  **FEM** Finite Element Method

**44** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**FFT** Fast Fourier Transform  **FHSS** Frequency Hop Spread Spectrum  **Fi‐Wi** Fiber‐Wireless

**FR 2, 4** Flame Resistant, ANSI Class 2 or 4  **FSK** Frequency Shift Keying  **FSO** Free Space Optics

**FSS** Frequency Selective Surfaces

**G.711** ITU‐T Standard for Audio Pulse  Code Modulation

**GEO** Geostationary Earth Orbit  **GGSN** Gateway GPRS Support Node  **GKH** Group Key Hierarchy

**GMSC** Gateway Mobile Switching Center  **GMSK** Gaussian Minimum Shift Keying  **GPRS** General Packet Radio Service  **GPS** Global Positioning System  **GSM** Global System for Mobile  Communications

**GTC** Generic Token Card

**H.263** Low Bit‐Rate Video Compression  Standard

**H.264** Next‐Generation Video  Compression Format (aka MPEG‐4

AVC)

**HA** Home Agent

**HARQ** Hybrid Automatic Repeat Request  **HDLC** High‐level Data Link Control  **HE** Home Environment

**HFSS** High Frequency Structure  Simulator

**HHO** Hard Handoff

**Hi‐Cap** High Capacity

**HLR** Home Location Register  **HLR/AuC** Home Location Register/  Authentication Center

**HN** Home Network

**HO** Handoff

**HSDPA** High Speed Downlink Packet  Access

**HS‐DSCH** High Speed Downlink Shared  Channel

**HSPA** High Speed Packet Access  **HSS** Home Subscriber Server  **HSUPA** High Speed Uplink Packet Access

**HTTP** Hypertext Transfer Protocol

**IBSS** Independent Basic Service Set  **ICMP** Internet Control Message  Protocol

**I‐CSCF** Interrogating CSCF

**ICV** Integrity Check Value

**IDEN** Integrated Digital Enhanced  Network

**IDU** Indoor Unit

**IEC** International Electrotechnical  Commission

**IECEE** IEC System for Conformity Testing  and Certification of

Electrotechnical Equipment and

Components

**IETF** Internet Engineering Task Force  **IF** Intermediate Frequency  **IFFT** Inverse Fast Fourier Transform  **IK** Integrity Key

**IKE** Internet Key Exchange  **IMS** IP Multimedia System

**IMSI** International Mobile Subscriber  Identity

**IMT‐2000** ITU Standard: International  Mobile Telecommunications for

2000

**IP** Internet Protocol

**IP v4** Internet Protocol Version 4  **IP v6** Internet Protocol Version 6  **IP‐CAN** IP Connectivity Access Network  **IPSec** Internet Protocol Security  **IS‐95** Interim Standard 95 for CDMA  **IS‐136** Interim Standard 136 for TDMA  **ISAKMP** Internet Security Association and  Key Management Protocol

**ISDN** Integrated Services Digital  Network

**ISI** Inter‐Symbol Interference  **ISIS** Intermediate System to  Intermediate System

**ISM** Industrial, Scientific and Medical  Radio Frequency Band

**ISO** International Organization for  Standardization

**ISUP** ISDN User Part

**ISUP IAM** ISUP Initial Address Message  **I‐TCP** Indirect TCP

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **45** 2019 Candidate’s Handbook

**ITIL** Information Technology  Infrastructure Library

**ITU** International Telecommunication  Union

**ITU‐R** ITU Radiocommunication Sector  **ITU‐T** ITU Telecommunication  Standardization Sector

**KA** Knowledge Area

**KC** Ciphering Key

**KCK** EAPoL Key Communication Key  **KEK** EAPoL Key Encryption Key

**LAN** Local Area Network

**LDPC** Low‐Density Parity Check  **LEO** Low Earth Orbit

**LHCP** Left Hand Circular Polarization  **LMS** Least Mean Square

**LO** Local Oscillator

**Lo‐Cap** Low Capacity

**LOS** Line Of Sight

**LP** Linear Polarization

**LR‐WPAN** Low Rate Wireless Personal Area  Network

**LS‐CMA** Least Squares Constant Modulus  Algorithm

**LTE** Long Term Evolution

**MAC** Medium Access Control  **MAC** Message Authentication Code  **MAC‐S** Authentication Token Used in  Resynchronization

**MAN** Metropolitan Area Network  **MAP** Mobile Application Part  **MBMS** Multimedia Broadcast/Multicast  Service

**MCW** Multi Codeword

**MD5** Message Digest 5

**MDHO** Macro Diversity Handover  **MDS** Minimum Discernible Signal  **Media‐FLO** Forward Link Only Data  Transmission

**MGCF** Media Gateway Control Function  **MGW** Media Gateway

**MIB** Management Information Base  **MIC** Message Integrity Code  **MIMO** Multiple Input Multiple Output

**MIP** Mobile IP

**MISO** Multiple Input Single Output  **MM** Mobility Management  **MMUSC** Multiparty Multimedia User  Session Control

**MoM** Method of Moments

**MOS** Mean Opinion Score

**MPDU** MAC Protocol Data Unit  **MPEG** Moving Picture Expert Group  **MPLS** Multiprotocol Label Switching  **MR** Mesh Router

**MRC** Maximum Ratio Combining  **MRF** Media Resource Function  **MS** Mobile Station

**MSC** Mobile Switching Center  **MSC/VLR** MSC Visitor Location Register  **MSK** Minimum Shift Keying  **MSS** Maximum Segment Size  **MTBF** Mean Time Between Failures  **MTTR** Mean Time To Repair

**MU‐MIMO** Multiple User MIMO

**NACK** Negative Acknowledge  **NAS** Network Access Server  **NAV** Network Allocation Vector  **NCRP** National Council on Radiation  Protection & Measurements

**NEBS** Network Equipment‐Building  System

**NEC** National Electrical Code  (NFPA 70)

**NF** Noise Figure

**NFC** Near Field Communication  **NGMC** Next Generation Mobile  Committee

**NGMN** Next Generation Mobile Network  **NGN** Next Generation Network  **NIC** Network Interface Card  **NIST** National Institute of Standards  and Technology (US)

**NLOS** Non Line Of Sight

**NMHA** Normal Mode Helical Antenna  **NRSC** National Radio Systems  Committee

**NRSC** Network Reliability Steering  Committee (ATIS – US)

**NRZ** Non‐Return to Zero

**46** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**NSP** Network Service Provider  **NSS** Network Subsystem

**NSTAC** National Security

Telecommunications Advisory

Committee (US)

**OATS** Open Area Test Site

**ODU** Outdoor Unit

**OFDM** Orthogonal Frequency‐Division  Multiplexing

**OFDMA** Orthogonal Frequency Division  Multiple Access

**OGC** Office of Government Commerce  (UK)

**OLSR** Optimized Link State Routing  **OSA** Opportunistic Spectrum Address  **OSI** Open Systems Interconnection  **OSPF** Open Shortest Path First  **OSS/BSS** Operational and Business Support  Systems

**OTA** Over The Air

**OTP** One Time Password

**PA** Power Amplifier

**PAN** Personal Area Network  **PAPR** Peak to Average Power Ratio  **PBCCH** Packet Broadcast Control Channel  **PCM** Pulse Code Modulation  **P‐CSCF** Proxy CSCF

**PDC** Personal Digital Cellular  **PDSN** Packet Data Serving Node  **PDU** Protocol Data Unit

**PEAP** Protected EAP

**PHY** Physical (layer)

**PIFA** Planar Inverted F Antenna  **PIN** Personal Identification Number  **PIN** Positive Intrinsic Negative  (photodiode)

**PKH** Pairwise Key Hierarchy  **PL** Path Loss

**PLMN** Public Land Mobile Network  **PN** Pseudo Noise

**PO** Physical Optics

**PON** Passive Optical Network  **PPP** Point to Point Protocol  **PRMA** Packet Reservation Media Access

**PSK** Phase Shift Keying

**PSTN** Public Switched Telephone  Network

**QAM** Quadrature Amplitude  Modulation

**QoS** Quality of Service

**QPSK** Quadrature Phase Shift Keying

**RAB** Radio Access Bearer

**RACH** Random Access Channel  **RADIUS** Remote Access Dial In User Server  **RAN** Radio Access Network  **RAND** Random

**RC4** RC4 Cipher Algorithm

**RET** Remote Electrical Tilt

**RF** Radio Frequency

**RFC** Request for Change

**RFC** Request for Comments  **RFID** Radio Frequency Identification  **RHCP** Right Hand Circular Polarization  **RIP** Routing Information Protocol  **RLC** Radio Link Control

**RLS** Recursive Least Squares  **RMON** Remote Network MONitoring  **RNC** Radio Network Controller  **ROAMOPS** IETF Roaming Operations  **ROF** Radio Over Fiber

**ROHC** RObust Header Compression  **RR** Radio Resource

**RRC** Radio Resource Control  **RSA** Rivest, Shamir, and Adelman  algorithm for cryptography

**RSN** Robust Security Network  **RSNA** Robust Security Network  Association

**RTP** Real Time Protocol

**RTS** Request To Send

**RTT** Round Trip Time

**S/N** Signal to Noise Ratio

**SA** Security Association

**SAR** Specific Absorption Rate  **SCCP** Signaling Connection Control  Protocol

**SCP** Smart Card Platform (ETSI)  **S‐CSCF** Serving CSCF

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **47** 2019 Candidate’s Handbook

**SCTP** Stream Control Transmission  Protocol

**SCW** Single Codeword

**SDCCH** Stand‐alone Dedicated Control  Channel

**SDH** Synchronous Digital Hierarchy  **SDMA** Space Division Multiple Access  **SDR** Software Defined Radio  **SEGF** Security Gateway Function  **SET** Secure Electronic Transaction  **SF** Spreading Factor

**SFDR** Spurious Free Dynamic Range  **SFID** Service Flow ID

**SGSN** Serving GPRS Support Node  **SGW** Signaling Gateway

**SHA** Secure Hash Algorithm  **SID** Secure Identification Number  **SIFS** Short Inter‐Frame Space  **SIG** Special Interest Group (of WWRF)  **SigTran** Signal Transport

**SIM** Subscriber Identity Module  **SIMO** Single Input Multiple Output  **SIP** Session Initiation Protocol  **SIR** Signal to Interference Ratio

**TCH/FS** Traffic Channel Full Rate Speech  **TCH/HS** Traffic Channel Half Rate Speech  **TCP** Transmission Control Protocol  **TCP/IP** TCP/Internet Protocol  **TD‐CDMA** Time Division CDMA

**TDD** Time Division Duplex

**TDD‐HCR** TDD High Chip Rate

**TDD‐LCR** TDD Low Chip Rate

**TDMA** Time Division Multiple Access  **TDOA** Time Difference Of Arrival  **TD‐SCDMA** Time Division Synchronous CDMA  **TIA** Telecommunications Industry  Association

**TK** Temporal Key

**TKIP** Temporal Key Integrity Protocol  **TMF** TeleManagement Forum  **TRAP** TDMA‐based Randomly Accessed  Polling

**Triple DES** Triple DES Encryption (3DES)  **TS** Time Slot

**TSC** TKIP Sequence Counter  **TSG** 3 GPP Technical Specification  Group

**TSG CT** Core Network and Terminals TSG

**SISO** Single Input Single Output  **SLF** Subscriber Location Function

**TSG**

**GERAN**

GSM EDGE Radio Access Network  TSG

**SMI** Structure of Management  Information

**SMS** Short Message Service  **SM‐SC** Short Message Service Center  **SMTP** Simple Message Transfer Protocol  **SNMP** Simple Network Management  Protocol

**SNR** Signal to Noise Ratio

**SPC** Single Parity Check

**SQN** Sequence Number

**SRES** Signed Response

**SRTP** Secure RTP

**SS7** Signaling System No. 7  **SSB** Single Sideband

**SSID** Service Set Identifier

**SSPA** Solid State Power Amplifier  **STA** Station

**STM** Synchronous Transfer Mode  **SYN** Synchronization

**TCH** Traffic Channel

**TSG RAN** Radio Access Network TSG

**TSG SA** Service & Systems Aspects TSG  **TTA** Telecommunications Technology  Association of Korea

**TTC** Telecommunication Technology  Committee (Japan)

**TWTA** Traveling Wave Tube Amplifier

**UDP** User Datagram Protocol  **UE** User Equipment

**UL** Underwriters Laboratories (US)  **UMB** Ultra Mobile Broadband

**UMTS** Universal Mobile

Telecommunications System

**UMTS AKA** UMTS Authentication and Key  Agreement

**UPC** Uplink Power Control  **UPS** Uninterruptible Power Supply  **USGS** United States Geological Survey  **USIM** UMTS SIM

**48** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**UTRA** UMTS Terrestrial Radio Access  **UTRAN** UMTS Terrestrial Radio Access  Network

**UWB** Ultra Wideband

**VLR** Visitor Location Register  **VN** Visited Network

**VoIP** Voice over Internet Protocol  **VSAT** Very Small Aperture Terminal  **VSWR** Voltage Standing Wave Ratio

**WAN** Wide Area Network

**W‐CDMA** Wideband CDMA

**WCET** Wireless Communication  Engineering Technologies

**WCP** Wireless Communications  Professional

**WEP** Wireless Encryption Protocol  **WERT** Wireless Emergency Response  Team

**WG** Working Group (e.g., of WWRF)

**WiFi** Wireless Fidelity

**WiMAX** Worldwide Interoperability for  Microwave Access

**WINNER** Wireless World Initiative New  Radio

**WLAN** Wireless Local Area Network  **WMAN** Wireless Metropolitan Area  Network

**WMN** Wireless Mesh Network  **WPA** WiFi Protected Access  **WPAN** Wireless Personal AreaNetwork  **WRC** World Radiocommunication  Conference

**WWRF** Wireless World Research Forum

**XG** Next Generation

**XKMS** XML Key Management Services  **XMAC** Cryptographic primitive in the  3GSM Key Generation Process

**XOR** Exclusive Or

**ZRP** Zone Routing Protocol

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **49** 2019 Candidate’s Handbook

**Appendix E:  Constants, Conversions and Equations  Constants and Conversions**

Boltzmann’s constant:  *k*= 1.38 × 10‐23 Joules/Kelvin

Speed of light:  *c*= 3 × 108 meters/second

Radius of the earth:  *R*= 6,367 km

Natural log base:  *e*= 2.718

Log base conversion:  log2(*x*) = (ln *x*)/(ln2) ≈ 1.443 ln *x*

**Equations**

Radiowave propagation in free space:  2

*P G G*

λ

⎛ ⎞ = ⎜ ⎟ ⎝ ⎠ *r*

*t r*

π

*P d*

*t*

4

2

*n*

Total path loss:

⎛ ⎞ ⎛ ⎞

λ

*d L dd d* ( ) 4

= × ⎜ ⎟ ⎜ ⎟ ⎝ ⎠ ⎝ ⎠

0

*tot*

π

0

Approximate LOS distance to the radio horizon

with*d*given in km and*h*in meters: *d h* ≈ 17

LOS clearance above an obstacle (metric) with

17.3 *d d RF d d* = + 1 2

*d1* and *d2*in km, F in GHz, and R in meters: ( ) 1 2

Wavelength: λ = *c*/*f*

Maximum Doppler frequency shift: *fm* = *v*/λ

**50** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

Level‐crossing rate (Rayleigh fading):

Average fade duration (Rayleigh fading):  Erlang B distribution:

Channel capacity:

Antenna Design Equations

Antenna gain:

Parabolic antenna directivity:

Near/far‐field boundary:

Noise Figure Calculations

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **51** 2019 Candidate’s Handbook

**About the IEEE Communications Society**

The IEEE Communications Society is a diverse group of industry professionals with a common interest in  advancing all communication technologies. Individuals within this unique community interact across  international and technological borders to produce publications, organize conferences, foster educational  programs, promote local activities, and work on technical committees. Website: **www.comsoc.org**

**Conferences**

Every year, the IEEE Communications Society sponsors major conferences that attract hundreds of the  best quality paper/presentation submissions and attendees. Held at convenient locations around the  world, these meetings attract thousands of participants who have much to share beyond their strong  desire to learn. Communications Society conferences and workshops provide ideal opportunities to be a  part of the latest technological developments and to network with the leaders who are changing the world  of communications.

**Publications**

From magazines to journals to online access and digital editions, the IEEE Communications Society  produces the world’s most cited publications in communications technology and science. Some are free  with membership and all publications are available online. Visit the ComSoc web site and Digital Library at  www.comsoc.org for submission instructions, subscription information, and more

**52** IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) 2019 Candidate’s Handbook

**Top 5 Reasons for Organizations to Support the IEEE WCET Credential**

Leading organizations around the world have found that it pays to invest in professional credentialing. The  IEEE Wireless Communications Professional (WCP) credential is designed to have high pay‐off for your  organization and for the wireless communications industry.

• IEEE WCP credential holders have demonstrated their knowledge of wireless engineering technology concepts and terminology. To obtain the IEEE WCP credential, candidates must pass a rigorous  examination based on the validated body of knowledge underlying the tasks performed in the  industry.

• IEEE WCP credential holders are applied practitioners. Credential holders are tested not only on their knowledge of wireless communication engineering technology and practice, but also on their skills  using that knowledge to perform and to develop and implement high‐quality deliverables.

• IEEE WCP credential holders have successfully responded to a significant challenge.  They have demonstrated both depth and breadth in their wireless communications engineering knowledge.

• Organizations can retain employees by investing in them. Supporting the IEEE WCP credential and IEEE WCP credential holders demonstrates a real commitment to them; in turn, WCP credential holders  will demonstrate a commitment to you.

• Your support for the IEEE WCP credential makes a powerful statement to customers about the caliber of your people and your commitment to global best‐practices. The IEEE WCET certification is both  transnational and vendor neutral; the required examination that each IEEE WCP credential holder  has passed reflects the work requirements of professionals around the globe.

**What Industry Professionals are Saying about IEEE WCET Certification**

“This certification would enhance my qualifications with new clients.”

*— Tom Lavrisa, Principal Engineer, Ontario, Canada*

“I would make hiring decisions based, at least in part, on WCET results.”

*— Vasu Subramanian, Manager, Alcatel‐Lucent*

“The exam truly tested the broader understanding of the wireless engineering profession ...”   *— Sivan Ramanchandran, Bangalore, India*

“The WCET certification greatly helps to communicate my capabilities to others.”   *— Chris Barroso, San Diego, California*

“... We do not often come across a program which specifically addresses the full breadth of this  technology nor the aspirations of wireless engineers in gaining recognized and specific industry  qualifications through a program of study and learning outside of their college or degree courses.”   *— Ian Rose, BT Design, United Kingdom*

IEEE WIRELESS COMMUNICATION ENGINEERING TECHNOLOGIES (WCET) **53** 2019 Candidate’s Handbook