

משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה
הפיקוח על מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
ומגמת מערכות בקרה ואנרגיה

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
התמחות מערכות אלקטרוניות

תכנית לימודים למקצוע

מערכות תקשורת ב'

סמל מקצוע 11.9111

כיתה י"ד

תמוז תשס"ז (יולי 2008)

תכנית הלימודים למקצוע
מערכות תקשורת ב' – 168 שעות

כיתה י"ד

מספר שעות	ראשי פרקים
	חלק א' – תקשורת בסיבים אופטיים
9	.1 יסודות באופטיקה של סיבים אופטיים
12	.2 הסיב האופטי
9	.3 עקרונות התקשורת בסיבים אופטיים
12	.4 מערכות תקשורת בסיבים אופטיים
6	.5 יתרונות, חסרונות ויישומים של מערכות תקשורת אופטיות
<hr/> 48	סך-הכול
	חלק ב' – תקשורת תאית
9	.6 מבוא לתקשורת תאית
9	.7 ערוצי שידור וקליטה ברשת תקשורת תאית
20	.8 רשת GSM
13	.9 רשת CDMA
19	.10 טכנולוגיית הדור השלישי
<hr/> 70	סך-הכול
	חלק ג' – תקשורת לוויינים
10	.11 מבוא למערכות תקשורת לוויינים
18	.12 אפיון של מערכות תקשורת לוויינים
22	.13 יישומים מרכזיים של תקשורת לוויינים
<hr/> 50	סך-הכול

חלק א' – תקשורת בסיבים אופטיים

1. יסודות באופטיקה של סיבים

- 1.1 מבוא לאופטיקה של סיבים אופטיים
 - 1.1.1 רקע היסטורי.
 - 1.1.2 התפתחויות עכשוויות בתקשורת של סיבים אופטיים (2006) ויישומן.
- 1.2 תופעות וחוקים פיזיקליים הקשורים באור
 - 1.2.1 החזרה של אור.
 - 1.2.2 ניתוח וחישוב של תופעת המעבר של אור בין תווכים – שבירה, החזרה, זווית קריטית (חוק סנל).
 - 1.2.3 עקיפה.
 - 1.2.4 נפיצה.
 - 1.2.5 בליעה ופיזור.

2. הסיב האופטי

- 2.1 עקרון הפעולה של הסיב האופטי
 - 2.1.1 תיאור המבנה של סיב מסוג מדרגה (step index fiber).
 - 2.1.2 תיאור של סוגי אופני ההתפשטות בסיב אופטי.
 - 2.1.3 ניתוח וחישוב של זווית הקליטה ומפתח נומרי בסיבים אופטיים.
 - 2.1.4 רוחב פס אופטי ורוחב קו.
 - 2.1.5 מהירות האור בסיב אופטי.
- 2.2 מאפייני הסיב
 - 2.2.1 ניחות.
 - 2.2.2 נפיצה בין-אופנית ונפיצה תוך-אופנית.
- 2.3 סוגי סיבים אופטיים – סקירה כללית
 - 2.3.1 סיבי מדרגה מרובי אופנים.
 - 2.2.2 סיבים בעלי מקדם שבירה הדרגתי.
 - 2.3.2 סיבי מדרגה חד-אופניים (פילוג משולש ופרבולי).
 - 2.3.3 סיבים פלסטיים וסיבי זכוכית.

- 3. עקרונות התקשורת בסיבים אופטיים** **9 שעות**
- 3.1 סרטוט סכמת המלבנים של מערכת תקשורת תקבילית.
- 3.2 סרטוט סכמת המלבנים של מערכת תקשורת ספרתית.
- 3.3 חקירת השפעת הנפיצה על רוחב הפס, ביצוע של חישובים מתאימים.
- 3.4 הגדרת המושגים רוחב פס חשמלי ורוחב פס אופטי, ביצוע של חישובים מתאימים.
- 4. מאפייני מערכת תקשורת הפועלת באמצעות סיבים אופטיים** **12 שעות**
- 4.1 סרטוט מפורט של סכמת המלבנים של מערכת תקשורת אופטית, סקירת* אפשרויות התכנון על-פי:
- א. שיטות האפנון.
 ב. שיטות הרבוב.
 ג. תבניות הקידוד.
 ד. פיצול הערוצים.
- 4.2 שיקולי הספק במערכת תקשורת אלקטרואופטית
- 4.2.1 חישוב הפסדי הצימוד הנוצרים במבוא ובמוצא לסיב האופטי.
- 4.2.2 הגדרות וחישובים של תקציב ההספק ושולי ההספק.
- 4.2.3 הגדרת התחום הדינאמי של המקלט וביצוע החישובים המתאימים.
- 5. יתרונות, חסרונות ויישומים של מערכות תקשורת אופטיות** **6 שעות**
- 5.1 יתרונות וחסרונות של מערכות תקשורת אופטיות בהשוואה למערכות תקשורת אחרות.
- 5.2 סקירת היישומים של מערכות תקשורת אלקטרואופטיות.

- חלק ב' – תקשורת תאית**
- 6. מבוא לתקשורת תאית** **70 שעות** **9 שעות**
- 6.1 העקרונות של מערכת תאית
- 6.1.1 תיאור מבנה של רשת תאית.
- 6.1.2 הכרת המבנה של תחנת קצה ניידת – טלפון נייד (Mobile Station).
- 6.1.3 הכרת "התא" ותחנת הבסיס (Base Station).

* הסקירה מדגישה את ייחודיות הפתרון באמצעות מערכת אלקטרואופטית והצגת המשותף בין המערכת האלקטרואופטית למערכות "קלאסיות" הנלמדות במקצוע "מערכות תקשורת א".

- 6.1.4 הכרת "המתג התאי" (Mobile Switching Center).
- 6.1.5 הכרת רשת החיוג הציבורית (Public Switched Telephone Network).
- 6.2 סקירה קצרה של שלבי ההתפתחות ("דורות") של טכנולוגיית התקשורת התאית.
 - 6.2.1 סקירה של מערכות מהדור הראשון.
 - 6.2.2 סקירה של מערכות מהדור השני.
 - 6.2.3 סקירה של מערכות מהדור השלישי.

9 שעות

7. ערוצי שידור וקליטה ברשת תאית

- 7.1 יצירה של ערוצי שידור דו-כיווניים (FDD) וערוצים רבי גישה (Multiple Access)
 - 7.1.1 תיאור של ערוץ יורד (Downlink).
 - 7.1.2 תיאור של ערוץ עולה (Uplink).
 - 7.1.3 הצגת שיטות לרובוב תדרים (Frequency Division Multiple Access).
 - 7.1.4 הצגת שיטות לרובוב חריצי זמן (Time Division Multiple Access).
 - 7.1.5 הכרת ערוצי הבקרה וערוצי התעבורה ברשת תאית.
- 7.2 עקרונות להקצאת תדרים
 - 7.2.1 הכרת המבנה של אשכול תאים ועקרון השימוש החוזר בתדרים.
 - 7.2.2 הכרת שיטות להקצאת ערוצים – הקצאה קבועה והקצאה דינאמית.
 - 7.2.3 הכרת עקרון המעבר בין תאים בעת ביצוע שיחה.
- 7.3 שיטת ה-Trunking ודרגת השירות
 - 7.3.1 הכרת העיקרון של מתן שירות למספר מרבי של לקוחות באמצעות מספר מזערי של ערוצים.
 - 7.3.2 חישוב של כמות התעבורה בתא ביחידות Erlang.
 - 7.3.3 חישוב של הקשר בין דרגת השירות (GOS) לגודל התעבורה בתא.

20 שעות

8. רשת GSM

- 8.1 ארכיטקטורת רשת הפועלת בטכנולוגיית GSM
 - 8.1.1 הכרת יחידת הקצה (Mobile Station).
 - 8.1.2 הכרת תת-מערכת, תחנת הבסיס (Base Switching Subsystem).
 - 8.1.3 הכרת תת-מערכת הרשת (Network Switching Subsystem).
 - 8.1.4 הכרת תת-מערכת לניהול ולתפעול הרשת (Operational Support Subsystem).
 - 8.1.5 סקירת תחום ערוצי הרדיו ברשת GSM.
- 8.2 תהליכי הקמה וניתוב של שיחות ברשת GSM
 - 8.2.1 הכרת התהליך להמרת דיבור ברשת GSM (פירוט של כל השלבים).
 - 8.2.2 הכרת תהליך הרישום של תחנת קצה לרשת (Registration).

- 8.2.3 הכרת התהליך להקמת שיחה נכנסת ברשת GSM (פירוט של הקשרים בין תת-המערכות השונות).
- 8.2.4 הכרת התהליך להקמת שיחה יוצאת ברשת GSM (פירוט של הקשרים בין תת-המערכות השונות).
- 8.2.5 עקרון השירות להעברת הודעות קצרות (SMS).

13 שעות

9. רשת CDMA

- 9.1 עקרונות שיטת CDMA
 - 9.1.1 תיאור גרפי של שיטת הקידוד ברשת.
 - 9.1.2 תיאור של שיטת המעבר בין תאים ברשת (מטיפוס Soft Handoff).
- 9.2 יתרונות שיטת CDMA על פני שיטת GSM
 - 9.2.1 פירוט היתרונות של שיטת CDMA.
 - 9.2.2 עריכת השוואה בין המאפיינים של שיטת CDMA למאפיינים של שיטת GSM (למשל סיכויי ההתנתקות בשתי השיטות, עוצמת השידור בשתי השיטות).

19 שעות

10. מערכות הדור השלישי

- 10.1 הצגת העקרונות והדרישות ממערכות הדור השלישי.
- 10.2 מאפיינים ותכונות של רשת WCDMA.
- 10.3 מאפיינים ותכונות של רשת CDMA2000.
- 10.4 מאפיינים ותכונות של רשת CDMA2000 1xEV-DV.
- 10.5 מאפיינים ותכונות של רשת UMTS.

50 שעות
10 שעות

חלק ג' – תקשורת לוויינים

11. מבוא לתקשורת לוויינים

- 11.1 תיאור ההיסטוריה של פיתוח לווייני תקשורת.
- 11.2 סקירה של כל סוגי הלוויינים.
- 11.3 סקירת השימושים השונים בתקשורת לוויינים (שידורי טלוויזיה, שידורי טלפונים ניידים, תקשורת נתונים, אינטרנט, איכון GPS, לווייני ריגול).

18 שעות

12. אפיון תקשורת לוויינים

- 12.1 לוויינים גיאוסטציונריים
 - 12.1.1 תיאור המיקום של לווייני התקשורת בחלל.

- 12.1.2 הצגת השיקולים בתכנון אזורי הכיסוי על-פני כדור-הארץ (ניתוח איכותי).
- 12.1.3 הצגה של עקרונות התקשורת בין לוויין התקשורת לכדור-הארץ (Downlink, Uplink).
- 12.2 הכרת סכמת המלבנים העקרונית של מערכת לוויין התקשורת (ספקי כוח, בקרת אנטנה, טלמטריה, מקלט ומשדר).
- 12.3 הצגת סכמת המלבנים העקרונית של תחנת הקרקע לשידורי לוויין.
- 12.4 סקירה של תחומי התדרים המשמשים בתקשורת בהתאם ליישומים העיקריים של התקשורת הזו.
- 12.5 סקירת שיטות השידור המשמשות בתקשורת לוויינים (FDMA, TDMA, CDMA, SPADE).
- 12.6 הצגת הגורמים המשפיעים על איכות הקליטה של שידורי לוויין (רעש, הפרעות ביניים, גודל האנטנה, תחום התדרים, הפרעות מזג-האוויר).
- 12.7 מאפייני המערכת של תקשורת לוויינים (רמת הקישוריות, גמישות המבנה ואפשרות להרחבת היישומים, איכות השידור, אמינות השידור).

22 שעות

13 יישומים מרכזיים של תקשורת לוויינים

- 13.1 תקשורת לוויינים לשידורי טלוויזיה
 - 13.1.1 תיאור המבנה העקרוני של מערכת התקשורת (המערכת האווירית והמערכת הקרקעית).
 - 13.1.2 סקירת סוגי הלוויינים קיימים ותיאור אזורי הכיסוי שלהם.
 - 13.1.3 הכרה של שיטות השידור הקיימות ושיטות לעיבוד אותות (הסבר איכותי, קישור לנושאים מתאימים).
- 13.2 תקשורת לוויינים המשמשת טלפונים ניידים
 - 13.2.1 מבנה עקרוני של המערכת האווירית ושל המערכת הקרקעית.
 - 13.2.2 תיאור הלוויינים הקיימים ותיאור אזורי הכיסוי שלהם.
 - 13.2.4 הכרה של שיטות שידור קיימות ושיטות לעיבוד אותות (הסבר איכותי, קישור לנושאים מתאימים).
- 13.3 תקשורת לוויינים המשמשת לתקשורת נתונים ולאינטרנט
 - 14.3.1 תיאור המבנה העקרוני של המערכת האווירית ושל המערכת הקרקעית.
 - 14.3.2 תיאור הלוויינים הקיימים ותיאור אזורי הכיסוי שלהם.
 - 14.3.3 שיטות שידור ועיבוד אותות (הסבר איכותי וקישור לנושאים קודמים).

ספרות מומלצת

1. סיבים ותקשורת אופטית, ה. זנגר, ס. זנגר, מטח ובית-הספר לטכנולוגיה של האוניברסיטה הפתוחה.
ISBN : 965-06-0341-7
2. רשתות תאיות - טכנולוגיות ושרותים, ע. וינד, מטח ובית-הספר לטכנולוגיה של האוניברסיטה הפתוחה.
ISBN : 965-06-0808-7
3. *3G Wireless Networks*, C. Smith , 2nd Edition , Macgraw-Hill SBN : 9780072263442
4. *Satellite Television – Techniques of Analog and Digital Television*, H. Benoit, Arnold Publishing
ISBN : 0-340-74108-2
ISBN : 0-471-35824-x
5. *Introduction to Satellite Communication*, B.R. Elbert, Hughes Comm. Inc SBN : 0-89006-229-3
6. *Digital Communication Systems*, H. Kolimbiris, Prentice Hall

חומר עזר להוראה

תקשורת אלקטרואופטית

<http://www.sff.net/people/Jeff.Hecht/history.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_fiber
<http://www.howstuffworks.com/fiber-optic.htm>
<http://www.arcelect.com/fibercable.htm>
<http://physics.bu.edu/py106/notes/Refraction.html>
<http://www.nanoptics.com/tutorial.htm>
http://en.wikipedia.org/wiki/Fiber-optic_communication
<http://www.commspecial.com/fiberguide.htm>
(5 מאמרים) <http://www.electronics.dit.ie/staff/gfarrell/OptTransRec.htm>

<http://www.home.agilent.com/agilent/educationDetail.jsp?cc=SG&lc=eng&ckey=493:epsq:cou&nid=-536900133.0.07&id=493:epsq:cou>

תקשורת תאית

<http://www.itu.int/osg/spu/imt-2000/SPU%20Mobile%20Glossary%202003.pdf>
http://www.iec.org/online/tutorials/cell_comm/index.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_network
http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol1/pr4/article1.html
http://en.wikipedia.org/wiki/Base_station
http://www.pcmag.com/encyclopedia_term/0,2542,t=cellular+generations&i=55406,00.asp
<http://www.techweb.com/encyclopedia/defineterm.jhtml?term=cellulargenerations>
<http://www.crn.com/encyclopedia/defineterm.jhtml?term=cellulargenerations>

<http://www.itu.int/osg/spu/ni/3G/technology/index.html#Cellular%20Standards%20for%201G%20and%202G>
<http://en.wikipedia.org/wiki/3G>
<http://www.planetomni.com/ARTICLES-The-Evolvement-of-3G-Mobile.shtml>
http://www.mobilein.com/what_is_4GCellular.htm
<http://www.altera.com/end-markets/wireless/cellular/wir-cellular-infrastructure.html>
(GSM) <http://www.iec.org/online/tutorials/gsm/>
http://en.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications
<http://www.mobiledia.com/glossary/113.html>
<http://en.wikipedia.org/wiki/W-CDMA>
<http://en.wikipedia.org/wiki/CDMA2000>
<http://w3.antd.nist.gov/wctg/3G/3G.html>
http://www.ericsson.com/mobilityworld/developerszonedown/downloads/docs/mobile_network_technology/cdma_check_list.pdf

http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System
<http://www.umtsworld.com/technology/overview.htm>
http://searchmobilecomputing.techtarget.com/sDefinition/0,,sid40_gci213688,00.html

תקשורת לוויינים

<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/satcomhistory.html>

<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/commsat.html>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite>

http://en.wikipedia.org/wiki/Communications_satellite

<http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/S.Bhatti/D51-notes/node24.html>

<http://ctd.grc.nasa.gov/rleonard/>

<http://www.intelsat.com/>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Intelsat>

http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation_system

http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

<http://www.garmin.com/aboutGPS/>

<http://www.comsoc.org/ci/private/2001/mar/li.html>

http://rst.gsfc.nasa.gov/AppA/Part1_8.html

http://erg.usgs.gov/isb/pubs/qis_poster/

http://www.inetdaemon.com/tutorials/telecom/satellite/uplink_chain.shtml

<http://www.satellite-tv.info/>

הערה: חומר העזר הנ"ל הוא רק תוספת לביבליוגרפיה המחייבת, הנתונה בתוכנית הלימודים.