



IPv4

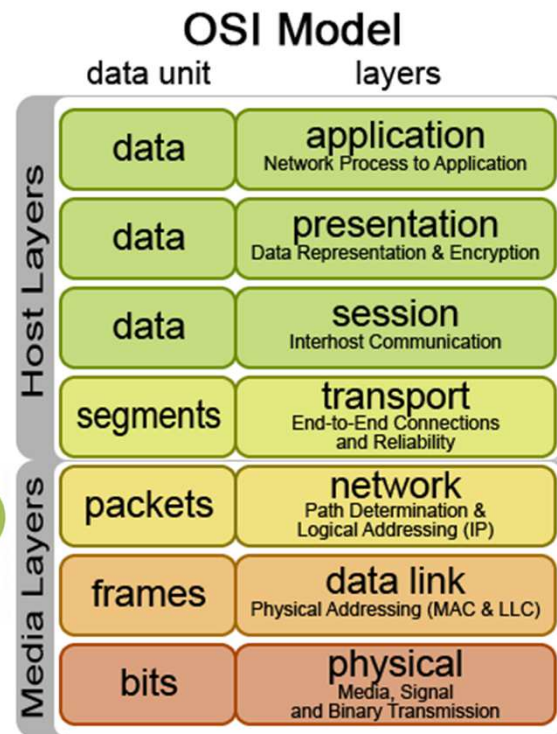
And

IPv6

Internet Protocol

שאלה לקהל....

באיזו שכבה במודל 7 השכבות, פועל פרוטוקול ה-IP?



Layer 3 Network

דיברנו במפגש השלישי על מודל 7 השכבות, השכבה האחראית על ניתוב המידע ברשת, היא שכבת ה-Network. בשכבה זו פועלים הפרוטוקולים:

Internet Protocol version 4 (IPv4) ❖

Internet Protocol version 6 (IPv6) ❖

Internet Control Message Protocol Version 4 (ICMPv4) ❖

Internet Control Message Protocol Version 6 (ICMPv6) ❖

Subnet Mask

כל כתובת IP בנויה משני חלקים, חלק ראשון אשר מזהה את הרשת בה נמצא המחשב, וחלק שני אשר מזהה התקן ספציפי באותה רשת. המחשב נעזר בכתובת מסכת הרשת לזהות בכתובת ה-IP מהו החלק של הרשת (Network Portion), כלומר באיזה רשת הוא נמצא, ומה החלק של המשתמש (Host Portion), כלומר החלק שמזהה את המחשב באותה רשת. כתובת זו מורכבת מ-32 ביטים בדיוק כמו כתובת IPv4. המספר 255 ב-Subnet Mask מציין שה"אוקטטה" בכתובת ה-IP שייכת לרשת, והספרה 0 ב-Subnet Mask מציינת שה"אוקטטה" בכתובת ה-IP שייכת לחלק המשתמש.

	Network Portion					Host Portion
IPv4 Address	192	.	168	.	10	10
	11000000 10101000 00001010					00001010
Subnet Mask	255	.	255	.	255	0
	11111111 11111111 11111111					00000000

Prefix

מכירים את זה שמוסיפים "/" עם מספר כלשהו אחרי כתובת IPv4 או IPv6, הצ'ופצ'יק הזה נקרא "Prefix", אנו משתמשים בו, כשיטה נוספת להצגת חלק הרשת (Network Portion) וחלק המשתמש (Host Portion) בכתובת IP, בדומה לשיטה הראשונה Subnet Mask. הערך המספרי שנמצא לאחר ה-"/" מציין את מספר הביטים (8 ביטים הם "אוקטטה" אחת) השייכים לחלק הרשת. זאת אומרת אם נראה Prefix כזה "/8" הכוונה היא ש"אוקטטה" שלמה שייכת לרשת, וכפי שראינו כתובת IP מורכבת מ-32 ביטים, לכן נותרו 24 ביטים או שלושה "אוקטות" לחלק של המשתמש.

10.0.0.0 255.0.0.0

172.16.0.0 255.255.0.0

192.168.0.0 255.255.255.0



10.0.0/8

172.16.0.0/16

192.168.0.0/24

IANA

▶ לא, זה לא שם של בחורה!

▶ Internet Assigned Numbers Authority

▶ הן ראשי התיבות של "הרשות לחלוקת מספרים באינטרנט", ארגון ללא מטרות רווח, שמטרתו היא חלוקת כתובות IP בצורה נכונה ותקינה לכל העולם! זאת אומרת הם אלו שקובעים כמה כתובות, נניח מדינת ישראל תקבל ומה הטווח של כתובות אלו. הם לא מחלקים רק כתובות IP הם גם האחראים על שמות ה-Domain הפנויים! בקיצור יש להם הרבה אחריות!



כתב וערך ישראל חאנה

RIRS

Regional Internet registry ►

► כל מערכת מחשב על פני האדמה זקוקה לכתובת IP לא משנה איפה בעולם. לכן החלוקה של כתובות אלו מהווה אתגר עצום, אם היה מדובר רק בארגון אחד שאחראי על כך. לכן קיימים מרכזי "רישום אינטרנט אזורי". אחד בכל איזור בעולם שתפקידו להיות בבקרה רק על האיזור עליו הוא אחראי. קיימים 5 מרכזים כאלו.



IANA & RIRS

► בעזרת שיתוף פעולה בין הארגונים אללו, כל גבר אישה ילד ילדה וכמובן כלב, זוכים לכתובת IP ומסוגלים לתקשר אחד עם השני ב"כפר הגלובאלי"!





IPv4 Features

▶ **Connectionless** - לא נוצר קשר עם היעד לפני שליחת המידע.

▶ **Best Effort (unreliable)** - הגעת המידע אל היעד לא מובטחת.

▶ **Media Independent** - שליחת המידע מתבצעת על כל מדיה שהיא, כלומר לא משנה אם מדובר בכל נחושת או אופטי או אפילו אנטנה אל-חוטית. ללא התערבות של פרוטוקול נוסף.

IPv4 Address Structure

► כתובת IP מוצגת לנו בני האדם כמספרים רגילים, צורה זו נקראת Dotted-Decimal Notation, כלומר ארבעה קבוצות מספרים אשר נקראות "אוקטות" שנעות בין 0 ל-255, כאשר נקודה מפרידה בין קבוצה לקבוצה. צורה זו באה להקל עלינו כשאנו מנהלים את כתובות ה-IP ברשת. רכיבי הרשת רואים את כתובת ה-IP בצורה שונה מעט, צורה בינארית. זאת אומרת שכתובת ה-IP מורכבת מ-32 ביטים (אחדות ואפסים). כל "אוקטטה" בנויה מ-8 ביטים, כשנהמיר את הביטים הבינאריים למספרים דצימליים נקבל סכום שנע בין 0 ל-255.

Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4
192	168	0	0



11000000 10101000 00000000 00000000

IPv4 Class

כתובות ה-IP מחולקות לחמישה מחלקות (Classes) שונות: ►

Address Class	Address Range	Default Subnet Mask	Number of Hosts Per Network
A	1.0.0.0-127.0.0.0	255.0.0.0 1 Net Octet, 3 Host octets	16,777,214 24 Hosts Bits ($2^{24}-2$)
B	128.0.0.0-191.0.0.0	255.255.0.0 2 Net Octets, 2 Host octets	65,534 16 Hosts Bits ($2^{16}-2$)
C	192.0.0.0-223.0.0.0	255.255.255.0 3 Net Octets, 1 Host octet	254 8 Hosts Bits (2^8-2)
D	224.0.0.0-239.0.0.0	N/A (Multicast)	
E	240.0.0.0-255.0.0.0	N/A (Experimental)	

Types of IPv6 Addresses

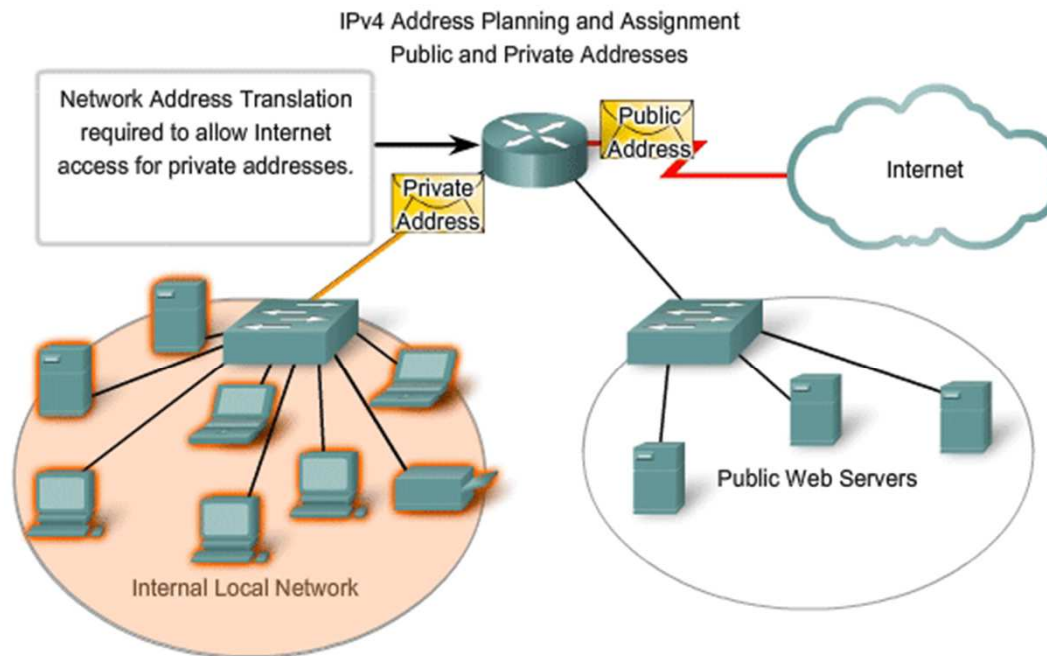
- ▶ רשת זקוקה ליותר מסוג כתובת אחד בכדי לתפקד בצורה תקינה, קיימות מספר סוגי כתובת IPv4 ולכל סוג כתובת יש תפקיד ברשת.
- ❖ Network and Broadcast Addresses - בכל רשת קיימות שני כתובות שלא ניתן להגדירן לרכיבי קצה, משום שאחת מייצגת את הרשת ואחת משמשת ככתובת ה-Broadcast של אותה רשת.
- ❖ Loopback Address - רכיבי קצה/רשת משתמשים בכתובת זו בכדי לשלוח מידע לעצמם. מטרתה להוות קיצור דרך בין יישום השולחים מידע זה לזה על אותו רכיב, שימוש נוסף לכתובת זו היא בדיקת תקינות של כרטיס הרשת.
- ❖ Link-Local Addresses - כתובת זו מוגדרת בצורה אוטומטית ע"י מערכת הפעלה של רכיב הקצה, במידה ועל רכיב הקצה לא הוגדרו כתובות בצורה ידנית (Static) או דינאמית (DHCP). ניתן להשתמש בכתובת זו לשליחת מידע ברשת קטנה ואך ורק באותה רשת.
- ❖ Experimental Addresses - כתובות אלו נשמרות לשימוש בעתיד, אבל כרגע הם משמשות למטרות מחקר.
- ❖ TEST-NET Addresses - כתובות אלו נועדו למטרות לימוד וניסוי, בשונה מכתובות Experimental, ניתן להגדיר כתובות TEST-NET על רכיבי קצה.

Private & Public Address

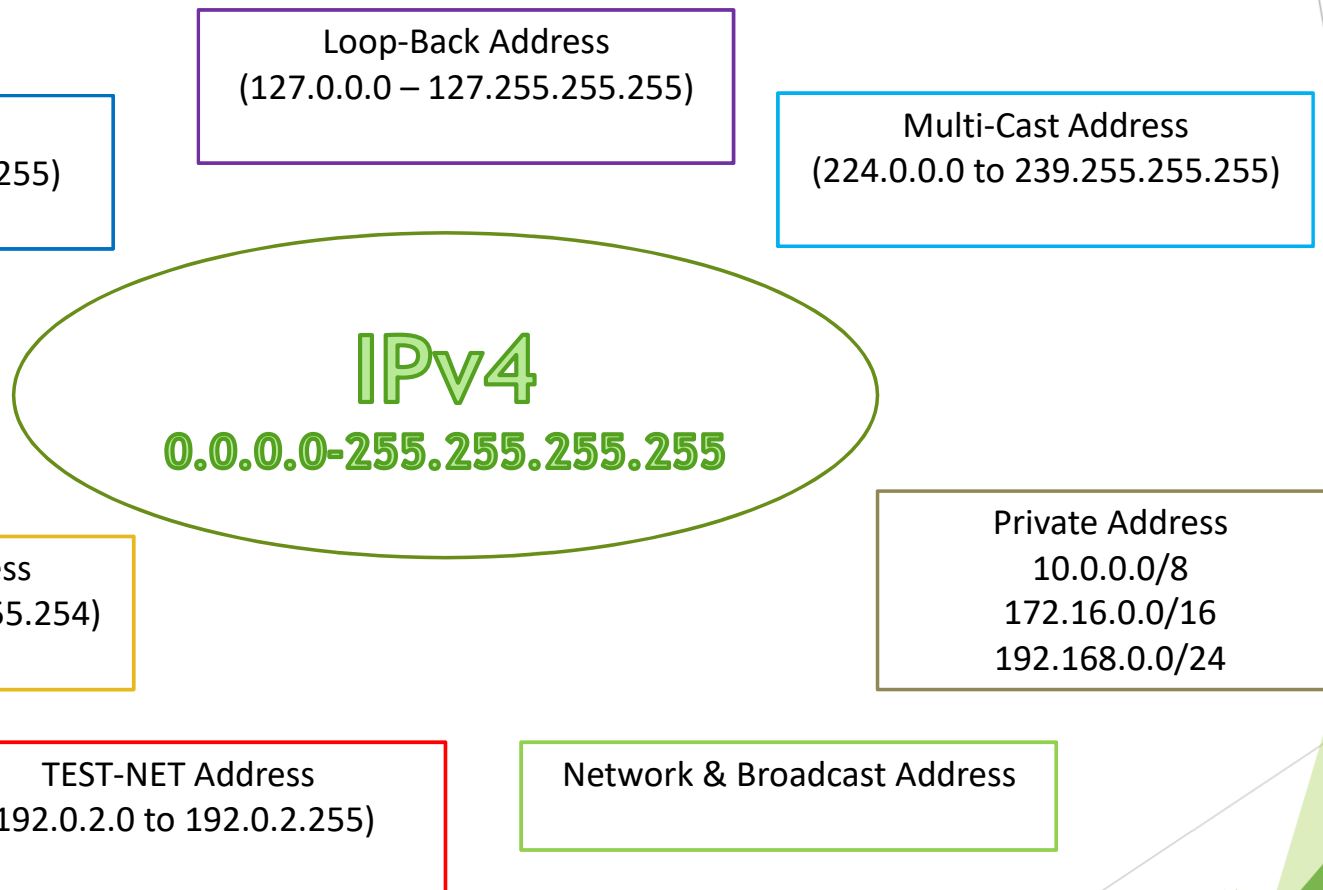
- ▶ הכתובות בהם אנו משתמשים לנתב מידע עולם מתחלקות לשני סוגים...פרטיות וציבוריות.
- ▶ **Public Addresses**-מכונות גם כתובות Unicast, רוב הכתובות בעולם הם מסוג זה. כתובות אלו הם ייחודיות, זאת אומרת אין כפילויות (כמו פתיתי שלג). כתובות אלו נועדו לשליחת וקבלת מידע בין חשבים או שרתים למיניהם מכל רחבי העולם ברשת הציבורית. ארגונים IANA ו-RIRS מחלקים את כתובות אלו דרך ספקיות האינטרנט.
- ▶ **Private Addresses**- כתובות פרטיות או כתובות פנימיות, ניתן להשתמש בכתובות אלו בצורה חופשית ברשתות פנימיות או ברשתות ללא גישה לאינטרנט. הן כתובות ללא עלות כספית וניתן להשתמש בהם ללא חשש מהתנגשויות עם מחשבים מרשתות אחרות. חשוב להבין שכתובות אלו ניתנות לשימוש אך ורק ברשתות פנימיות ולא ניתנת להשתמש בהן, על מנת לגלוש באינטרנט בצורה ישירה.

Private & Public Address

כשמחשב מעוניין לשלוח הודעה מחוץ לרשת הפנימית, הוא לא משתמש בכתובת הפרטית שלו, אלא בכתובת הציבורית שקיבל מספק האינטרנט.



IPv4 Addresses



מגבלות כתובת ה-IPv4...

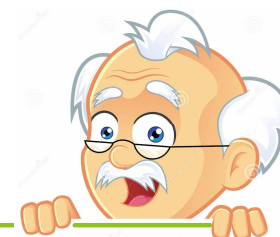
► כיום ידוע כבר לכולם על פרוטוקול האינטרנט החדש, IP גרסה 6. הפיתוח של גרסה 6 בא לענות על כמה מגבלות שהתגלו בגרסה 4...

❖ IP Address Depletion- כמות כתובות הולכת ואוזלת.

❖ Internet Routing Table Expansion- טבלאות הניתוב בנתבים, ברשת הציבורית גדלות בצורה לא יעילה.

❖ Lack Of End-to-End Connectivity- הפרוטוקול לא יוצר קשר בין היעד המקור, לפני שליחת המידע.

כמה!?



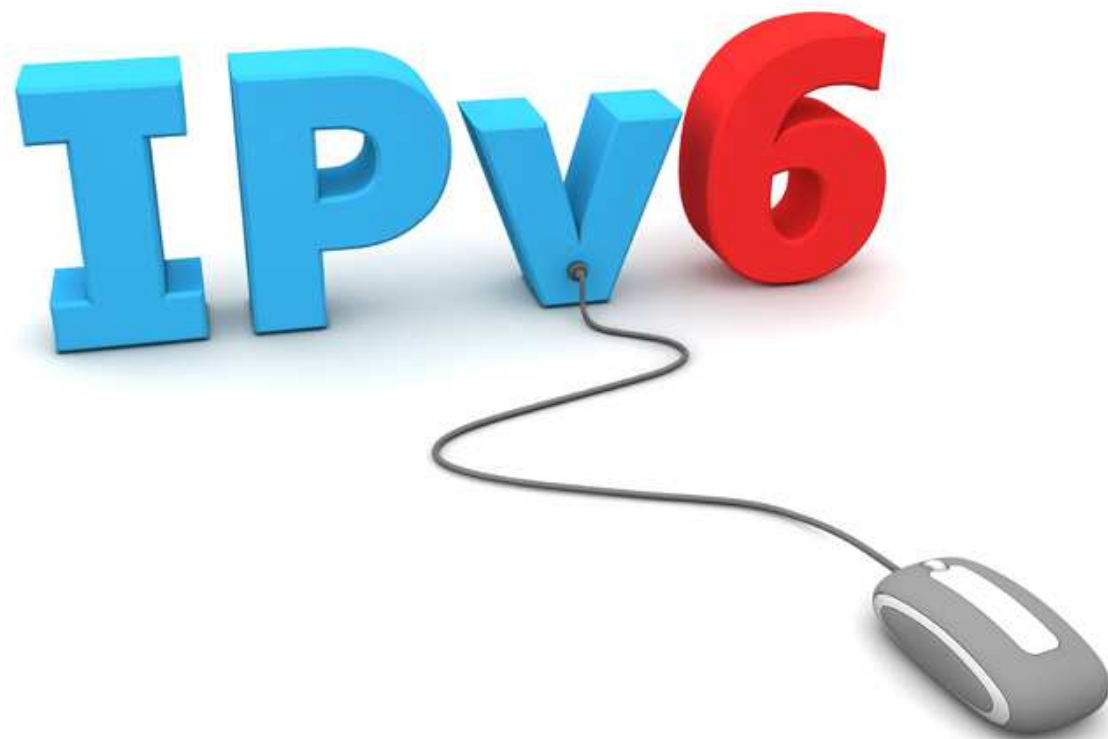
IPv4 כתובת 4,294,967,296

340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456

כתובות IPv6

655,570,793,348,866,943,898,599 כתובות למטר רבוע על פני

כדור הארץ.

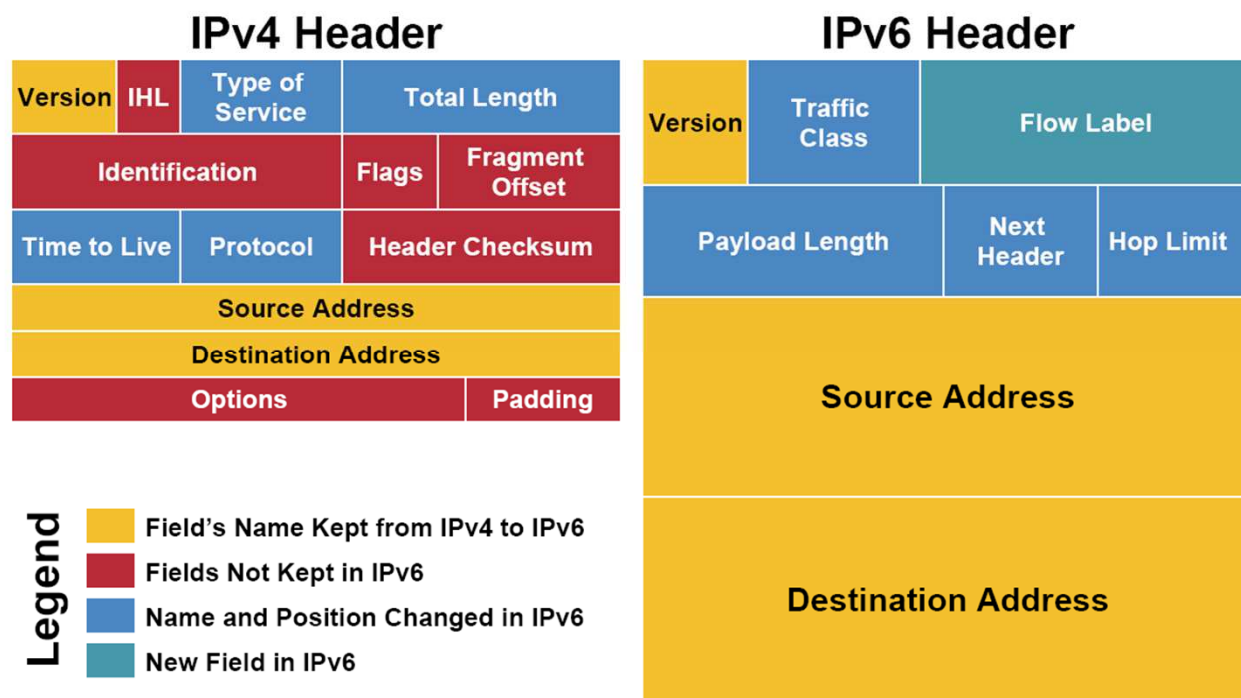


השיפורים שנוספו ל-IPv6...

- ▶ Increased Address Space - כמות כתובות ענקית, שתספיק לכל רכיבי הרשת בעתיד הקרוב והרחוק.
- ▶ Improves Packet Handling - מבנה ה-Header של IPv6, הוא מאוד פשוט! דבר המאפשר למחשבים לעבד את חבילות המידע בצורה מהירה ופשוטה.
- ▶ Eliminates The Need For NAT - כמות הכתובות כל כך גדולה, כך שאין חשש לכפילויות, דבר המעיד שאין יותר צורך בפרוטוקול ה-NAT.
- ▶ Integrated Security - פרוטוקול IPv6 פועל בתיאום מלא עם IPsec (פרוטוקול המבטיח ששליחת המידע בין מקור ליעד, תהיה מאובטחת).

מצא את ההבדלים?

אפילו מבנה ה-Header שהפרוטוקול מוסיף ל-Packet, השתנה בצורה מקיפה ויעילה...



IPv6 Address Structure

► היורש של IPv4, מבנה הכתובות של IPv6, שונה בצורה דרסטית ממבנה הכתובות של קודמו, בכמה דברים:

1. כתובות IPv6, היא כתובת אקס-דצימאלית, זאת אומרת היא מורכבת ממספרים (0-9) ומאותיות (A-F).

2. כתובות IPv6, מורכבות מ-128 ביטים! פי 4 מכתובת IPv4 (128 ביטים שווים ל-32 תווים אקס-דצימליים).

3. כתובת IPv6 מחולקת ל-8 קבוצות מספרים ואותיות, הנקראות "אקס-טטות". ונקודתיים מפרידות בין קבוצה לקבוצה. (כל "אקס-טטה" מכילה 16 ביטים בינאריים).

Hextet 1	Hextet 2	Hextet 3	Hextet 4	Hextet 5	Hextet 6	Hextet 7	Hextet 8
FF02	: 0DB8	: 0000	: 0000	: ABCD	: 0000	: 0000	: 0012
16 Bits	16 Bits	16 Bits	16 Bits	16 Bits	16 Bits	16 Bits	16 Bits

למי יש כח להגדיר כתובות IPv6?



כתב וערך ישראל חאנה

▶ החבר'ה בארגון ה-IETF לא אכזבו, והקלו עלנו בכל הקשור להגדרות כתובות IPv6. נכון מאוד כתובות זו מכילה 32 תווים, אך יש דרך נוספת, דרך קצרה יותר להציג את הכתובות ואפילו להגדיר אותן.

▶ לצורך כך קיימים 3 חוקים:

1. מחיקת אפסים מובילים (משמאל לימין).
2. בעזרת דאבל-נקודתיים (::) ניתן לייצג מספר "אקס-טטות" צמודות המכילות רק אפסים.
3. ניתן לקצר את כל האפסים בעזרת דאבל-נקודתיים (::) רק פעם אחת.

דוגמה

► נדגים את החוקים על הכתובת הבאה...

FF02 : 0DB8 : 0000 : ABCD : 0000 : 0000 : 0000 : 0012

1. מחיקת אפסים מובילים (משמאל לימין).

FF02 : DB8 : 0000 : ABCD : 0000 : 0000 : 0000 : 12

2. בעזרת דאבל-נקודתיים (::) ניתן לייצג מספר "אקס-טטות" צמודות המכילות רק אפסים.

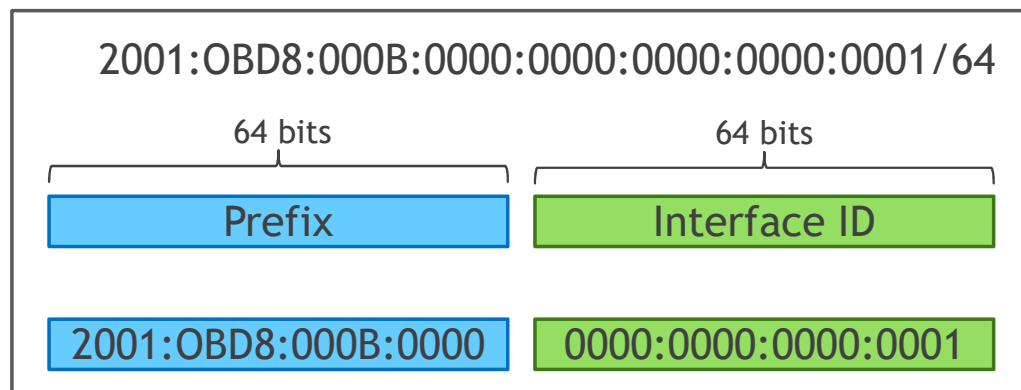
3. ניתן לקצר את כל האפסים בעזרת דאבל-נקודתיים (::) רק פעם אחת.

FF02 : DB8 : 0000 : ABCD :: 12

IPv6 Prefix

כפי שראינו בכתובת מסוג IPv4 ניתן לייצג את החלק של הרשת (Network Portion) ע"י סימן ה-Prefix, אשר מציין את מספר הביטים השייכים לחלק הרשת. בכתובת IPv6 מפרדים בין החלקים של הרשת והמשתמש אך ורק בשיטה זו, כלומר Prefix, ולא בכתובת Subnet Mask רגילה.

Prefix של כתובת IPv6 יכול לנוע בטווח של מ-0 עד 128. כתובת IPv6 טיפוסית שמצויה בדרך כלל ברשתות LAN תהיה בעלת Prefix של 64, מה שאומר שאורכו של חלק הרשת בכתובת הוא 64 bits, מה שמשאיר לנו 64 bits לחלק של המשתמש (Interface ID). בכתובת IPv6 לא משתמשים במונח Host Portion (חלק המשתמש), אלא במונח Interface ID (מזהה ממשק).



Types of IPv6 Addresses

- ▶ **Unicast**-כתובת Unicast של פרוטוקול IPv6 היא המזהה הייחודי של כל רכיב רשת, עליו פועל הפרוטוקול. זאת אומרת הכתובת איתה הוא מזדהה ברשת, ושולח/מקבל מידע.
- ▶ **Multicast**-שימוש בכתובת Multicast של פרוטוקול IPv6 מאפשר שליחה של חבילת מידע אחת לכמה יעדים, בדומה לכתובת Multicast של IPv4.
- ▶ **Anycast**-כתובת IPv6 Anycast היא כל כתובת IPv6 Unicast אשר ניתנת להצמדה (הגדרה) לכמה רכיבי רשת. כל חבילת מידע אשר תשלח לכתובת IPv6 Anycast תגיע לכל המחשבים הקרובים המחזיקים בכתובת דומה.
- ❖ בשונה מפרוטוקול IPv4, לפרוטוקול IPv6 אין כתובת Broadcast. אבל קיימת כתובת Multicast שתוכננה לשלוח הודעה יחידה לכולם (IPv6 all-nodes Multicast Address).

Types of IPv6 Addresses

- ▶ קיימים מספר סוגים של כתובת Unicast בפרוטוקול ה-IPv6:
- ▶ Global Unicast-סוג כתובות אלו מאוד דומה לכתובות ציבוריות בפרוטוקול IPv4, הן ייחודיות, וניתן לשלוח/לקבל מידע בעזרתן ברשת העולמית.
- ▶ Link-Local-סוג כתובות אלו מאוד דומה לכתובות Link-Local בפרוטוקול IPv4, הן משמשות רכיבי רשת, באותה רשת (Subnet) להתקשר ביניהם. רכיבי רשת יכולים להשתמש בכתובות מסוג זה רק ברשת הפנימית, במילים אחרות נתב לא יעביר חבילות מידע בעלות כתובות Link-Local.
- ▶ Loopback-סוג כתובות אלו מאוד דומה לכתובות Loopback בפרוטוקול IPv4, כתובת זה מאפשרת למחשב לשלוח מידע לעצמו, ולא ניתן להגדיר אותה למשתמש ברשת.
- ❖ כתובת IPv6 Loopback נראית כך: 0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001 / 128 או בקיצור ::1/128

Types of IPv6 Addresses

► **Unspecified Address**-כתובת מסוג זה לא ניתן להגדיר על רכיב רשת. רכיב רשת השתמש בכתובת זו ככתובת מקור במידה, ואין בבעלותו כתובת IPv6 תקינה וקבועה, או כשלרכיב היעד לא רלוונטית כתובות המקור.

❖ כתובת Unspecified Address נראית כך: $0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000/128$ או בקיצור $::/128$

► **Unique Local**-סוג כתובות אלו מאוד דומה לכתובות פרטיות בפרוטוקול IPv4, בכתובות אלו משתמשים רכיבים לתקשר ביניהם בתוך אתר או בין מספר אתרים. כתובות אלו לא ניתנות לשימוש ברשת הציבורית.

❖ כתובות Unique Local נעות בטווח $FC00::/7$ - $FDFF::7$

► **IPv4 embedded**-סוג כתובת זה עוזר למנהלי רשת, במעבר הרשת שלהם לפרוטוקול החדש. מדובר בכתובת IPv6 שבתוכה מוטמנת כתובת IPv4 ציבורית. שילוב זה מאפשר לרכיבי רשת בעלי כתובת IPv4 לתקשר עם רכיב רשת שפועלים עם פרוטוקול IPv6.

IPv4 & IPv6 Coexistence

▶ בכדי להעביר את הרשת העולמית ל-IPv6, נצטרך לשתק את הרשת כולה. דבר שהוא בלתי אפשרי. המעבר לפרוטוקול החדש יכול לקחת שנים ולא נראה שיסתיים בעתיד הקרוב. לכן ארגון ה-IETF פיתחו פרוטוקולים וכלים, בכדי לעזור למנהל הרשת להעביר את הרשת לפרוטוקול החדש, בצורה בטוחה ולאפשר לפרוטוקולים IPv4 ו-IPv6 לעבוד בצורה תקינה באותה רשת.

▶ כיום יש 3 שיטות בהם רשת המבוססת פרוטוקול IPv4 יכול לתקשר עם רשת המבוססת פרוטוקול IPv6:

.1 Dual-Stack

.2 Tunneling

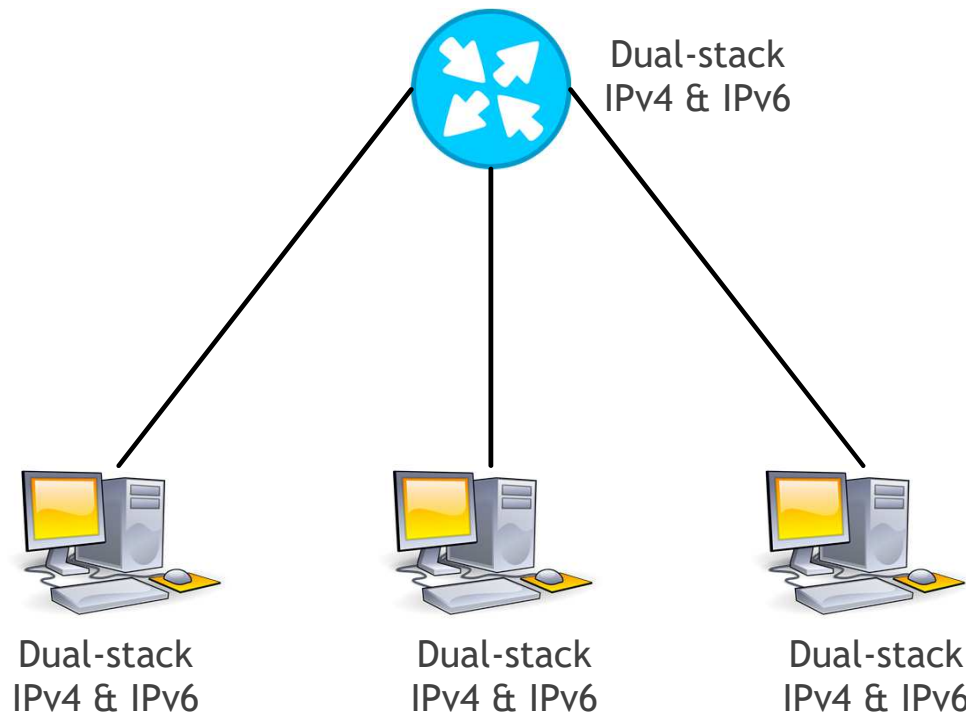
.3 Translation



כתב וערך ישראל חאנה

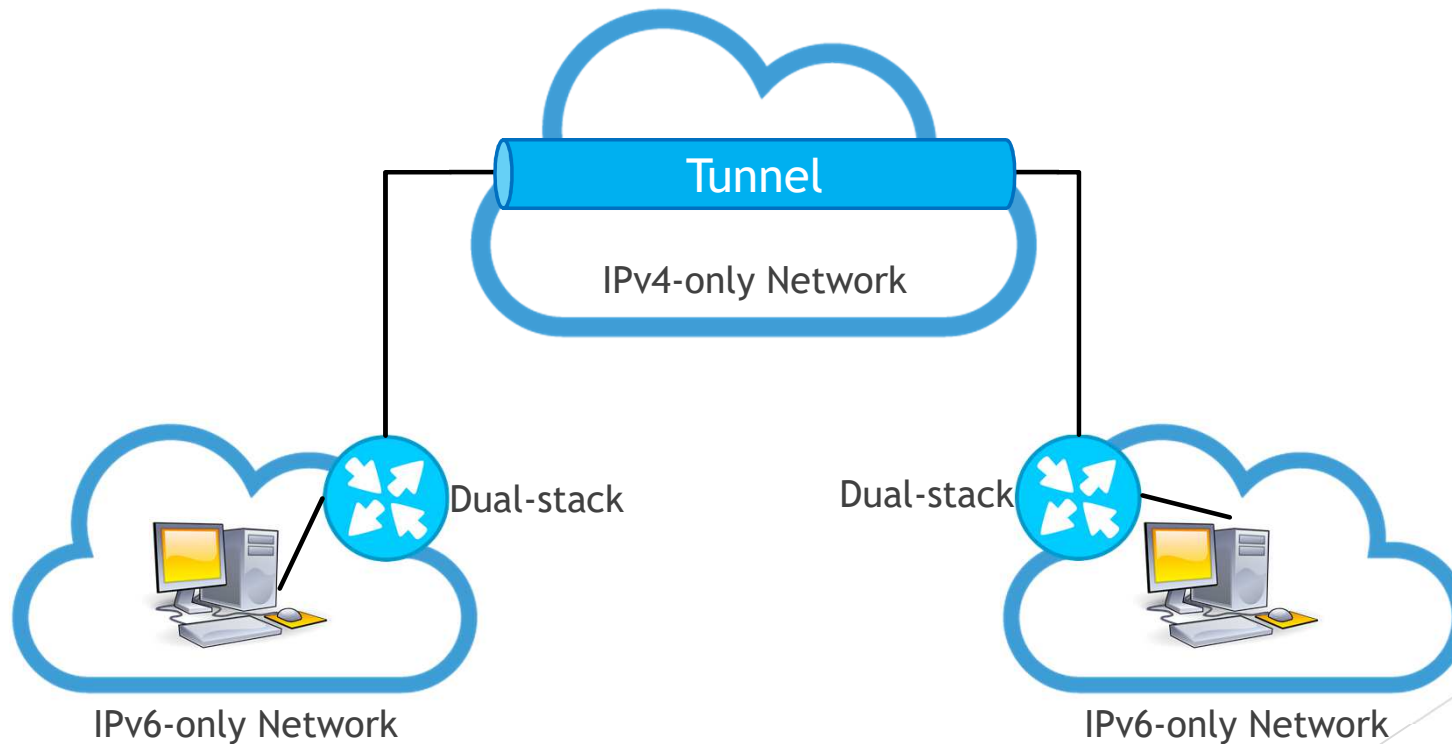
IPv4 & IPv6 Coexistence

► Dual-Stack שיטה זו מאפשרת לשני הפרוטוקולים לעבוד ביחד בצורה תקינה, באותה הרשת. רכיבי Dual-stack הם רכיבי רשת אשר עליהם מותקנים שני הפרוטוקולים, לכן הם מסוגלים לשלוח ולקבל גם עם IPv4 וגם עם IPv6.



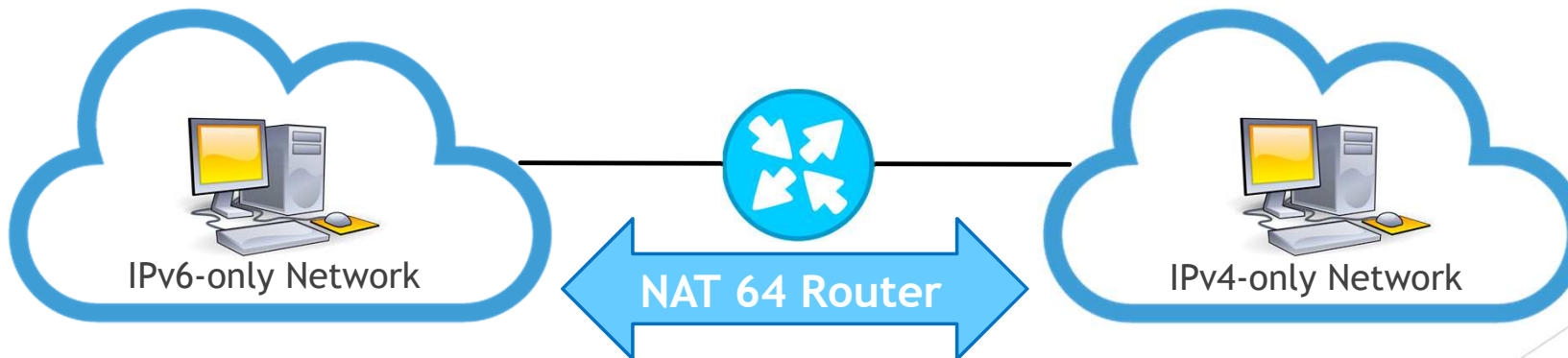
IPv4 & IPv6 Coexistence

► Tunneling-שיטת "מנהרה" מאפשרת למידע של IPv6 לעבור בצורה בטוחה ברשת של IPv4, בכך שחבילת המידע, זאת אומרת ה-Packet של IPv6 נארז (עובר אינקפסולציה) לתוך Packet של IPv4. לכן כל הרכיבים באותה רשת מתייחסים עליה כ-Packet של IPv4, כשבעצם היא IPv6 Packet מחופשת. לדוג' סוס טרויאני.



IPv4 & IPv6 Coexistence

► Translation-שמה המלא של שיטה זו הוא Network Address Translation 64 או בקיצור NAT 64. שיטה זו דומה לשיטה בה NAT רגיל מתרגם כתובות פרטיות לכתובות ציבוריות, רק שב-NAT 64 חבילות מידע של פרוטוקול IPv4 מתורגמות לחבילות מידע של פרוטוקול IPv6 ולהפך. שיטה זו מאפשרת לרכיבים מבוססים IPv4 לתקשר עם רכיבים המבוססים IPv6.



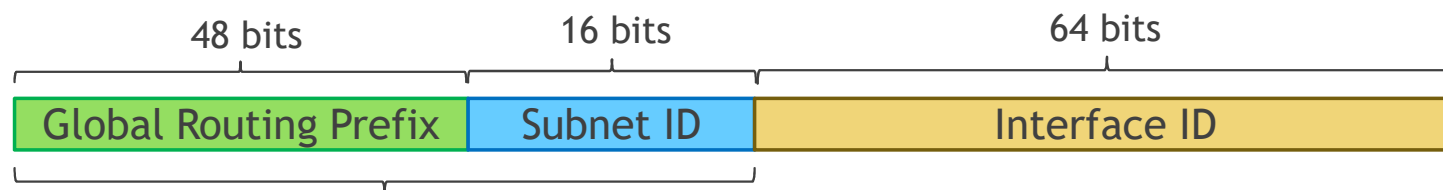


IPv6 Global Unicast Address

- ▶ כתובות מסוג זה הן ייחודיות, ומקבילות לכתובות IPv4 ציבוריות. נכון להיום IANA חילקה רק שמינית מכמות הכתובות.
- ▶ כתובת זו מורכבת מ-3 חלקים:
- ▶ Global Routing Prefix-חלק הרשת (Network Portion) של הכתובת, שנקבע ללקוח ע"י ספק השירות. נכון להיום רק כתובות עם Prefix /48 חולקו.
- ▶ Subnet ID-חלק זה משמש לזיהוי תת-רשתות בארגונים גדולים, כלומר בעזרת חלק זה ניתן ליצור מספר תתי-רשתות.
- ▶ Interface ID-חלק המשתמש של הכתובת, כלומר הכתובת הייחודית שמזהה כל משתמש. משתמש במונח Interface ID, משום שלמשתמש אחד יכול להחזיק יותר ממשק (כרטיס רשת) אחד, וכל ממשק עם כתובת IPv6 אחת או יותר.

IPv6 Global Unicast Address

חלקי הכתובת: ►



$/48 \text{ Routing Prefix} + 16 \text{ bit Subnet ID} = /64 \text{ Prefix}$

2001:0BD8:000B:0000:0000:0000:0000:0001 /64



18,446,744,073,709,551,616 משתמשים 65,536 תתי-רשתות