
פרוטוקול האינטרנט גרסה 6, ניתוב, RIP

23 יוני 2026
הרצאה 10

Some Slides Credits: Steve Zdancewic (UPenn)

נושאים להיום

- פרוטוקול האינטרנט גרסה 6
- ניתוב
 - מבוא ומטרות
 - RIP

כתובות IP גרסה 6

דוגמאות:

- `2a00:1450:4028:804::200e`
- `2a03:2880:f142:182:face:b00c:0:25de`
- `2a02:26f0:7000::211:71f0`

3.4×10^{38}
כתובות
בתיאוריה
16000 לכל
מ"ר בכדור
הארץ

16 בתים =
128 סיביות

השמטת 0
מובילים,
דחיסת ריצות
::

כתוב ב-8
בתים,
בשישיות של
ארבע אותיות
בסיס 16



סוגי כתובות IPv6

מזהי ממשק

Localhost

Anycast

שליחה לאחד
מתוך קבוצה

Link Local

מקומי לרשת
מקומית

Multicast

שליחה מרובה

Localhost : IPv6 כתובות

”אני” למחשב

כמו 127.0.0.1 ב-IPv4

:::1

- 0:0:0:0:0:0:0:1

סוגי כתובות IPv6 : Link Local

ייחודי רק עבור רשת מקומית

- מאפשרת קביעה אוטומטית של כתובות רשת
- קיימת גם גרסה עם כתובות עבור אתר מקומי

fe80::/64

- fe80: 0: 0: 0: XXXX: X
XXX: XXXX: XXXX
- ניתן להטמיע את הכתובת הפיזית ב- 64 הסיביות האחרונות

תקפה רק ברשת אחת

- כמו 169.254.0.0/16
- מפורסמת למארחים אחרים על ידי נתבים
- לא ניתן לנתב אליה באינטרנט

תחום לממשק רשת מסוימת

- למשל. %eth0 .

תקן EUI-64

- לקוחים כתובת אתרנט עם 48 סיביות
- מוסיפים 1110 1111 בין בית 3 לבית 4
- הופכים את הסיבית ה-7

דוגמה ל-EUI-64

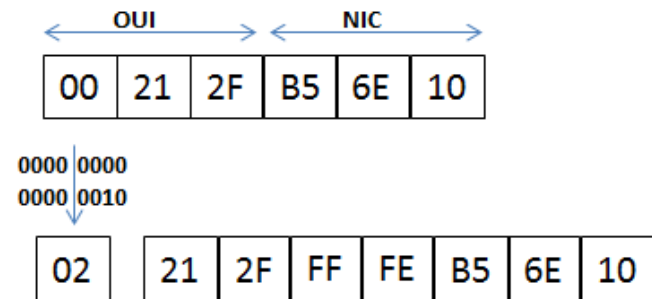
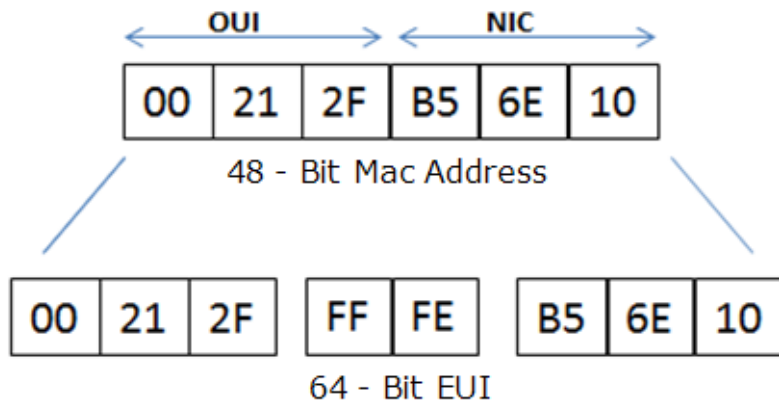
- אתרנט
- 00: a0: cc: 24: b0: e4
- תוצאה :
- fe80:: 2a0: ccff: fe24: b0e4

סוגי כתובות IPv6 : Link Local



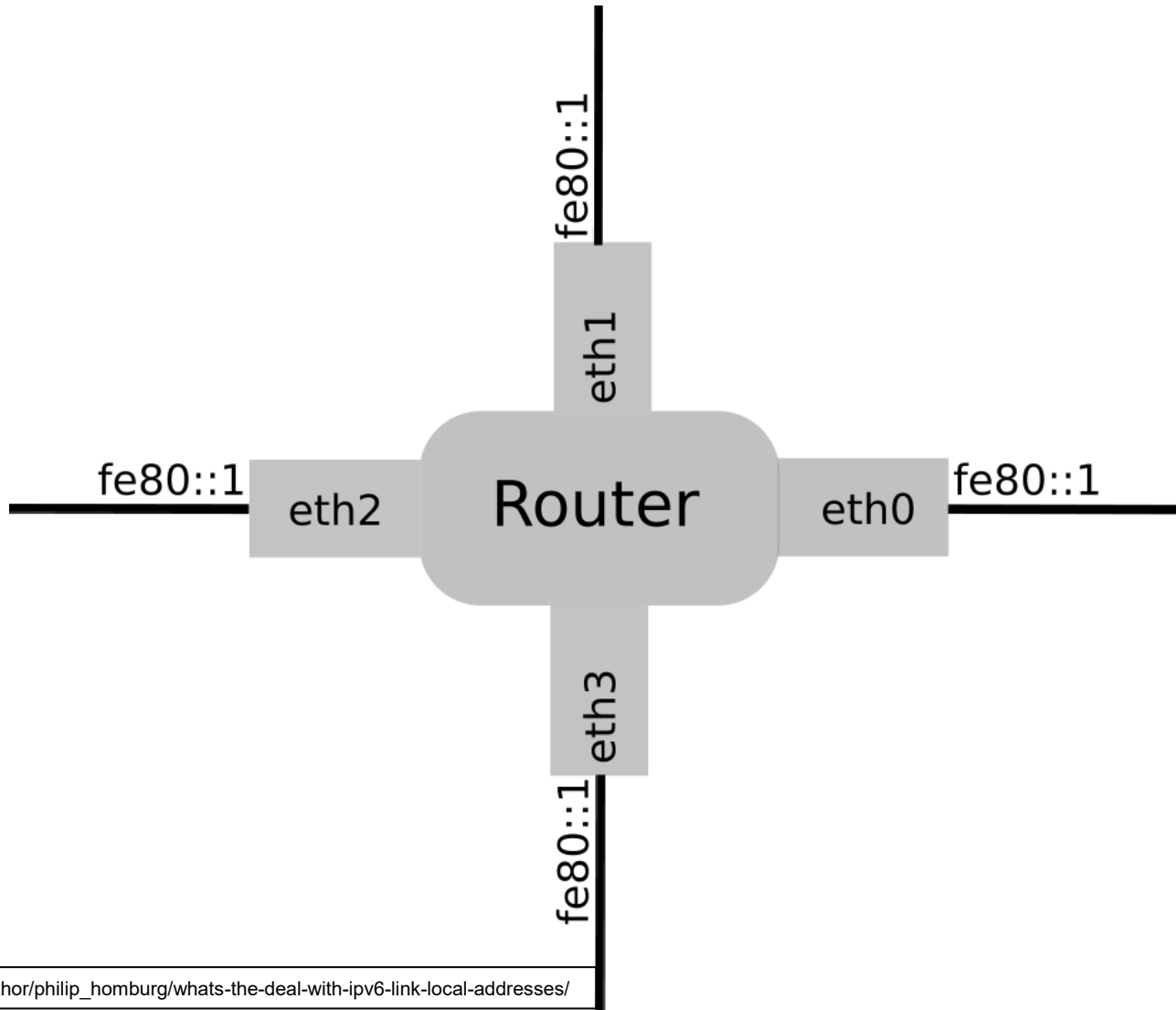
SPUI, Public domain, via Wikimedia Commons

EUI-64 בתמונה



© Sunil Khanna via Cisco Community. Images from <https://community.cisco.com/t5/networking-knowledge-base/understanding-ipv6-eui-64-bit-address/ta-p/3116953>

למה צריכים תיחום



https://labs.ripe.net/author/philip_homburg/whats-the-deal-with-ipv6-link-local-addresses/

סוגי כתובות IPv6 : מזהי כרטיס רשת

השתמשו בתקן EUI-64
למזהה מחשב

- בעיות פרטיות
- ניתן לעקוב אחרי המחשב
- כאשר הוא נע ברשת

התחילו למכור את
הבלוק 2000::/3

- 0200:0:0:0:0:0:0:0

חלוקה טיפוסית

- 64 סיביות מספר רשת
- 64 סיביות מספר מחשב

רעיון יותר מאובטח : להשתמש
בפונקציות ערבול ומפתח סודי
למזהה כרטיס רשת

פגיעת IPvSeeYou

- ייתכן שלנתב הביתי יש כתובת EUI-64 קבועה
- ניתן לעקוב אחרי כתובת ה- IPv6 הציבורית שלך בחזרה לנתב הביתי
- קל למפות כתובות פיזית MAC של רשת Wi-Fi למפה wingle.net

סוגי כתובות IPv6 : Anycast

מנותב לקרוב
ביותר בדרך כלל

כתובת אחת,
הרבה שרתים
פוטנציאליים

אין קידומת
מיוחדת

אחד מהשרתים
בקבוצה מקבל
את ההודעה ויגיב

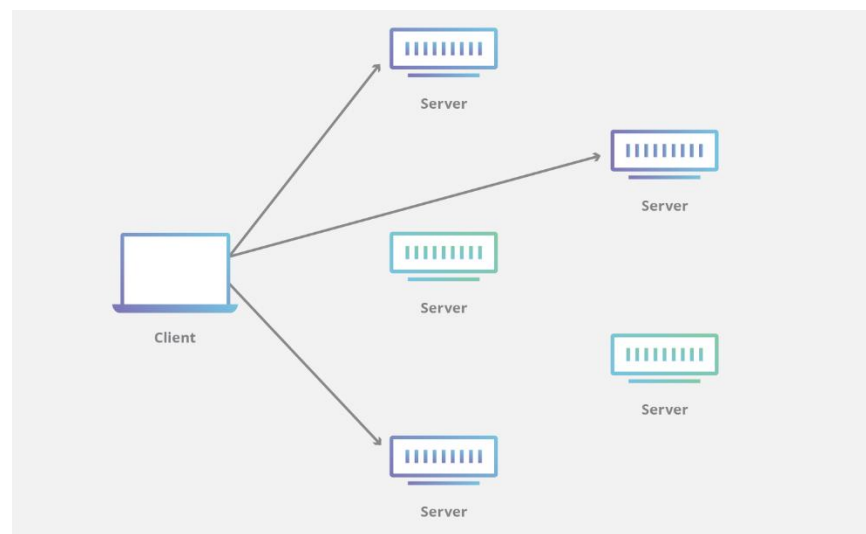


Image © Cloudflare, source: <https://www.cloudflare.com/learning/cdn/glossary/anycast-network/>

סוגי כתובות IPv6 : שליחה מרובה

הרבה קבוצות

- אין יותר צורך בשידור IP LAN
- הרשמה באמצעות הודעות **Multicast Listener Discovery (MLD)**
- מתגים מעבירים לנתבים להבטיח שרק צמתים מעוניינים יקבלו

ff00: /8

• ff00: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 0

קבוצת מקבלים

דוגמאות

- כל המארחים 1 : ff02::1
→ 33: 33: 00: 00: 00: 01
- כל הנתבים 2 : ff02::2
→ 33: 33: 00: 00: 00: 02

שליחה מרובה של אתרנט להפצה ב-LAN

- 4 בתים האחוריים של קבוצת שליחה מרובה IPv6 מוטמעת באתרנט עם הקידומת 3333
- w, x, y, z בתים האחוריים של שם הקבוצה, מוטמעים ככה :
33: 33: w: x: y: z

מבנה המנה של IPv6

- **Version (=6)**

- **Traffic class** : לאיכות השליחה (DiffServ)

- **FlowLabel** : הקבצת מנות זמן אמת לזרימות

עבור איכות השליחה ותיעדוף

– תעבורה רגילה (לא זמן אמת) השדה ריק

- **Payload Length** : אורך המנה (בתים) 40B

- **NextHeader** : פרוטוקול ברמה גבוהה יותר

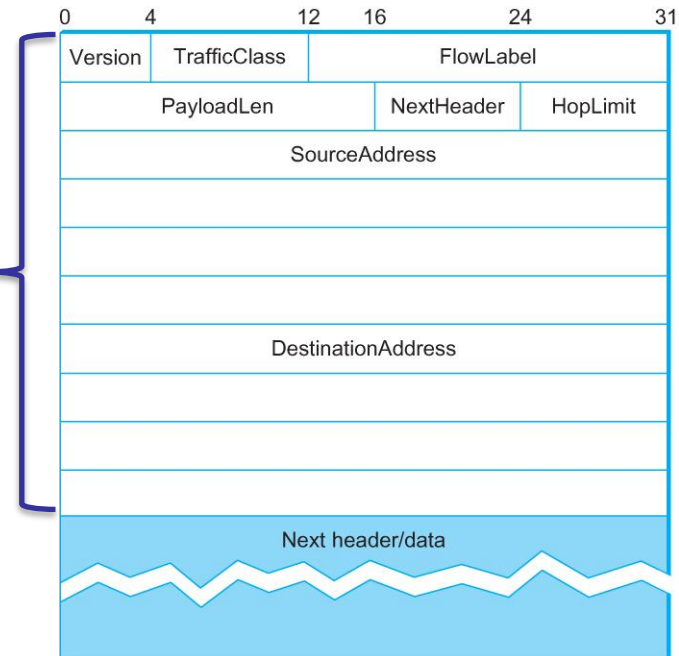
שאליו שייכת המנה

- **Hop Limit** : זהה לשדה TTL של IPv4

- אין CheckSum !

- **כתובת מקור** (16B)

- **כתובת יעד** (16B)



מפת פריסה של IPv6

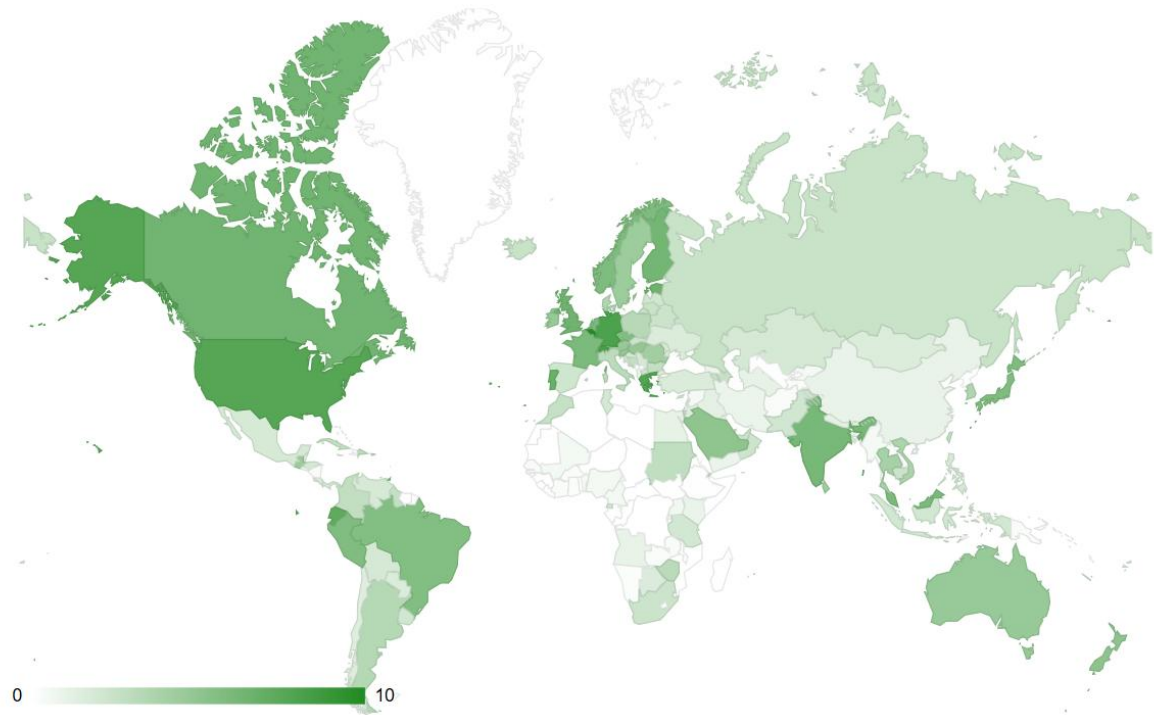
<http://6lab.cisco.com/stats/>

<http://6lab.cisco.com/stats/cible.php?country=IL&option=all>


Updated on 2017-1-12

Display global data 


[World](#) | [Africa](#) | [Asia](#) | [America](#) | [Europe](#) | [Oceania](#)





CISCO
6lab



 World Maps

- All
- IPv6 Prefixes
- Transit AS
- Web Content
- Users



 World Charts

 Country Charts

 Tools & research

 **6lab** 6lab.cisco.com  [@cisco6lab](https://twitter.com/cisco6lab)

Approx 15% of Internet users are USING #IPv6 globally. It reaches >30% in some European countries & US. Go to 6lab.cisco.com

  17 Nov

מפת פריסה של IPv6

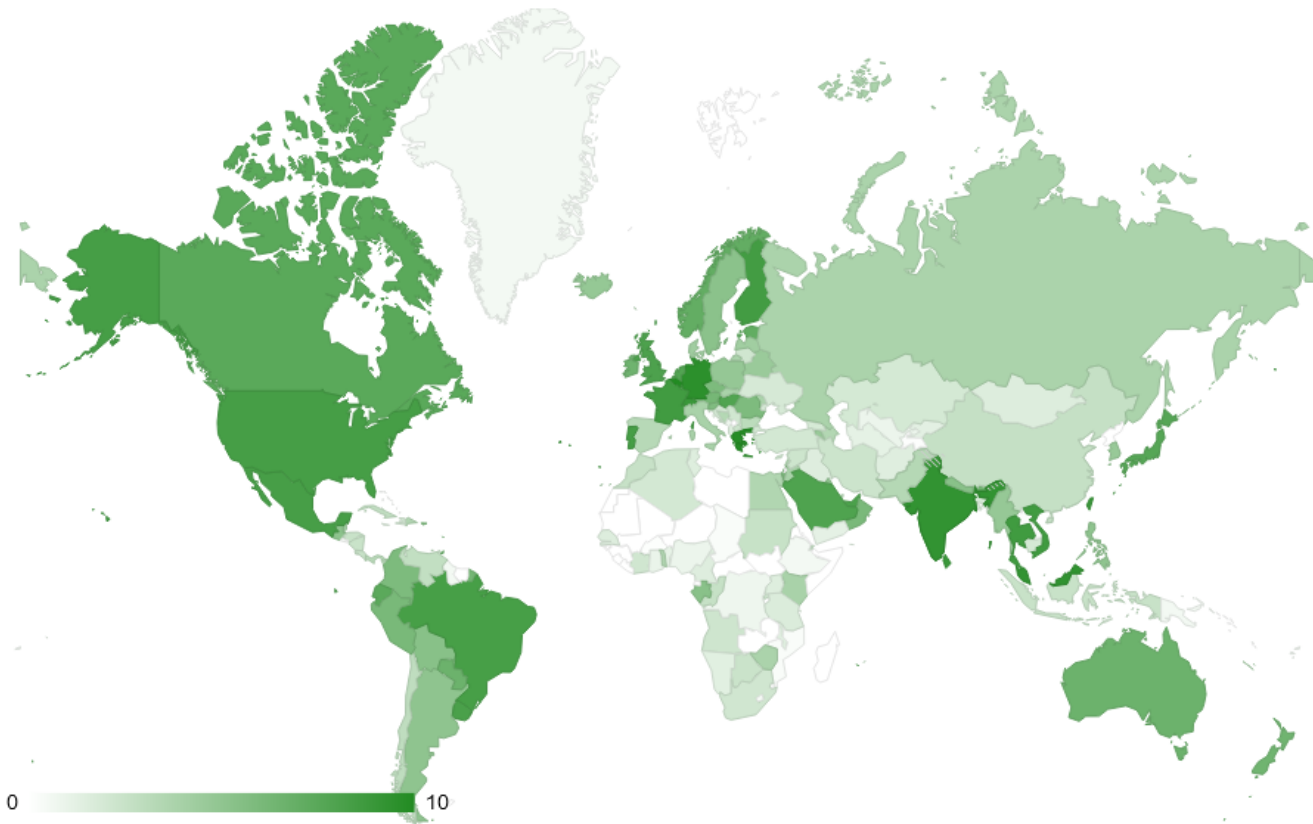
<http://6lab.cisco.com/stats/>

<https://6lab.cisco.com/stats/index.php?option=all>

Updated on 2020-12-23

Display global data 

[World](#) | [Africa](#) | [Asia](#) | [America](#) | [Europe](#) | [Oceania](#)



מפת פריסה של IPv6

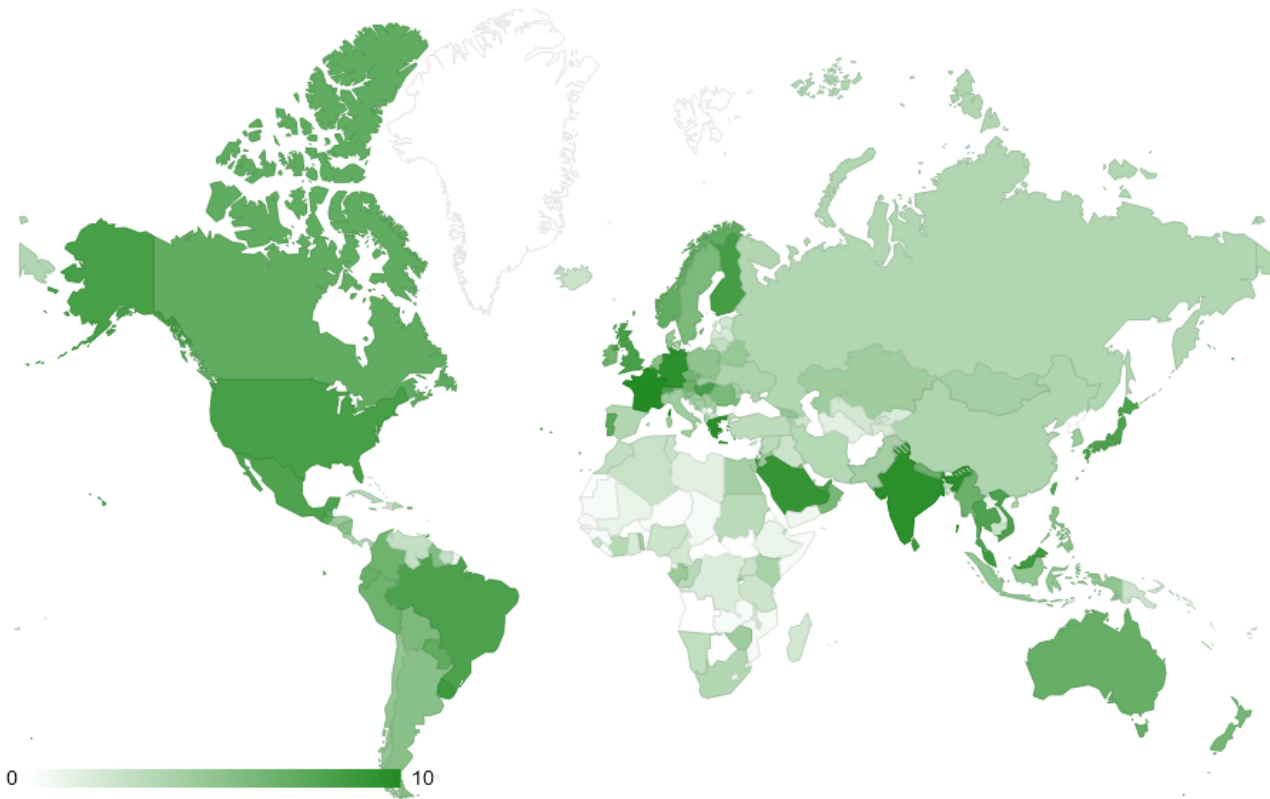
<http://6lab.cisco.com/stats/>

<https://6lab.cisco.com/stats/index.php?option=all>

Updated on 2022-12-15

Display global data 

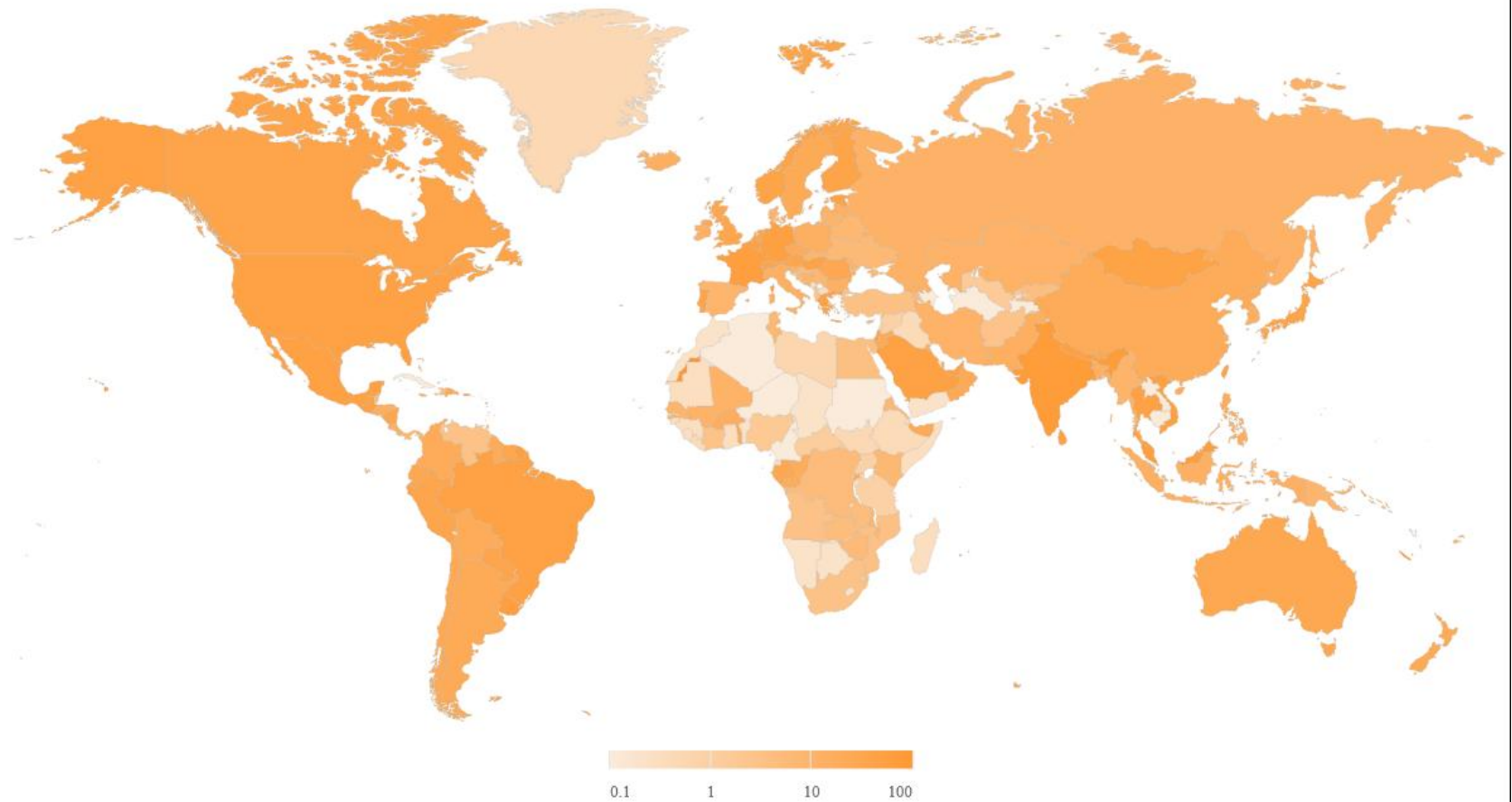
[World](#) | [Africa](#) | [Asia](#) | [America](#) | [Europe](#) | [Oceania](#)



מפת פריסה של IPv6

Updated June 2024

IPv6 Adoption By Country / Region



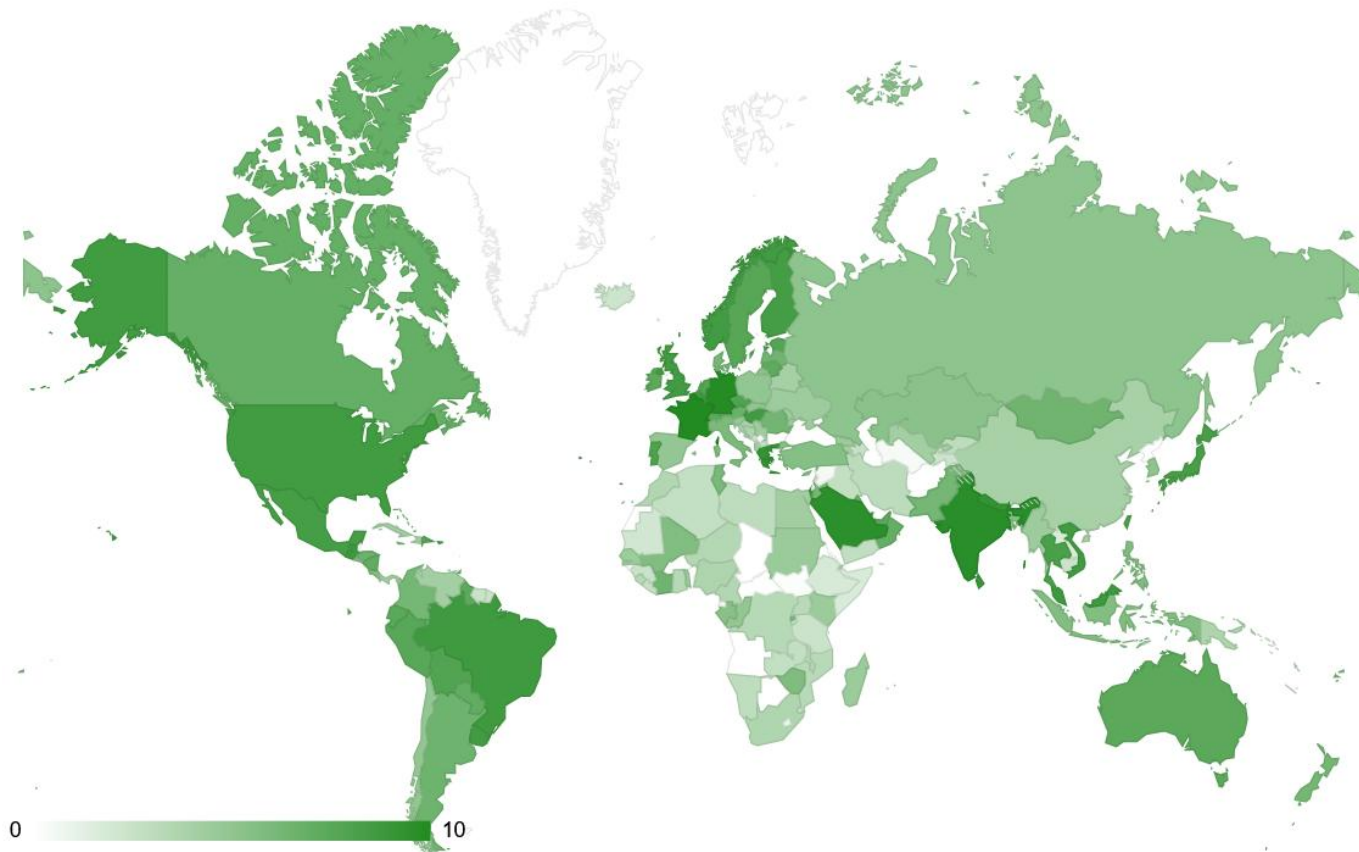
מפת פריסה של IPv6

<https://6lab.cisco.com/stats/index.php?option=all>

Updated on 2026-6-16

Display global data 

World | Africa | Asia | America | Europe | Oceania



10 המדינות המובילות

**Country data ranked by % of IPv6 connections from that country.*

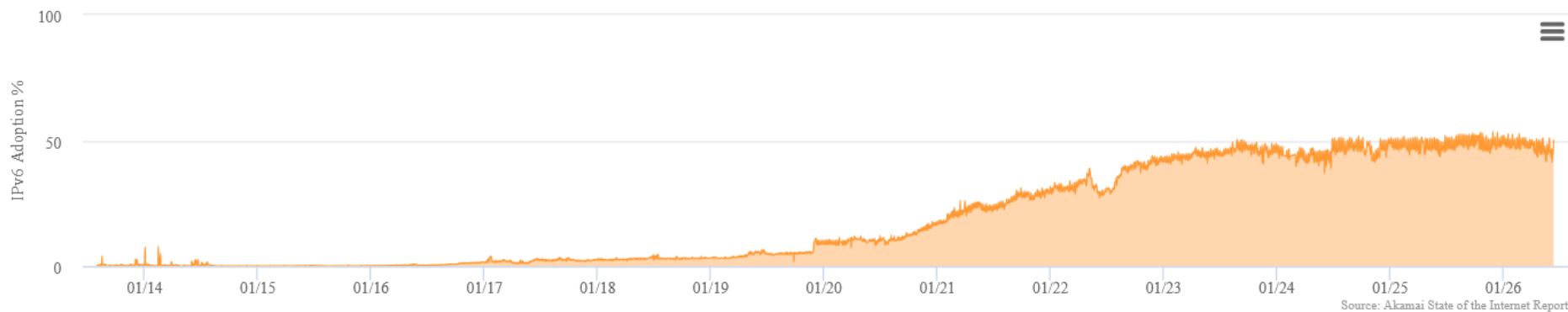
✓ RANK	IPV6%	COUNTRY / REGION
1	100%	Heard Island and McDonald Islands
2	100%	French Southern Territories
3	84.7%	Christmas Island
4	83.5%	Western Sahara
5	71.8%	Pitcairn
6	65.5%	India
7	62.3%	Saudi Arabia
8	57.6%	Malaysia
9	55.6%	France
10	54.6%	Germany

10 המדינות המובילות

▼ RANK IPV6% COUNTRY / REGION

Search:

19 50.1% Israel



- פרוטוקול האינטרנט גרסה 6
- ניתוב
 - מבוא ומטרות
 - RIP



Images: <https://www.aaroads.com/blog/south-carolinas-new-highway-signs/#post/0>
By de:User:Jutta234, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16078428>

פרוטוקולי ניתוב באינטרנט

Open shortest path first (OSPF)

- מסלול הכי קצר ראשון פתוח
- ניתוב מצב חיבור
- רץ על גבי שכבה 3 (מעל IP)
- משתמש באלגוריתם Dijkstra לקביעת הנתיבים הקצרים ביותר

Routing information protocol (RIP)

- פרוטוקול למידע על ניתוב
- ניתוב לפי וקטור מרחק
- משתמש באלגוריתם בלמן-פורד
- מיושן, סובל מבעיית ספירה עד אינסוף

Border gateway protocol (BGP)

- פרוטוקול לשערי גבולות
- ניתוב בין רשתות (תחומים ניהוליים, מערכות אוטונומיות)
- ניתוב לפי וקטור נתיב
- מתחשב בהסכמים עסקיים

קריטריונים לניתוב

נכונות

כל חבילה מועברת
ליעדה



יעילות

בחירת נתיבים עם שהייה
קטנה ותפוקה גבוהה (בכל
הדרך)



מורכבות

הגדרת טבלאות ניתוב
קבלת החלטות ניתוב



יציבות

התמודדות עם שינויים
בטופולוגיה
אין אתחול מחדש של
הרשת



הסתגלות

איזון עומסים ובקרת
תנועה



הגינות

כל המשתמשים
מקבלים את אותה
רמת שירות



עלויות נתיב, מדדי ניתוב



מינימום צעדים

מספר התחנות/נתבים שעוברים

הנתיב הקצר ביותר

לכל ערוץ יש משקל שהוקצה באופן סטטי

עלות הדרך היא סכום עלויות הצעדים מניח שאין לולאות עם עלות שלילית

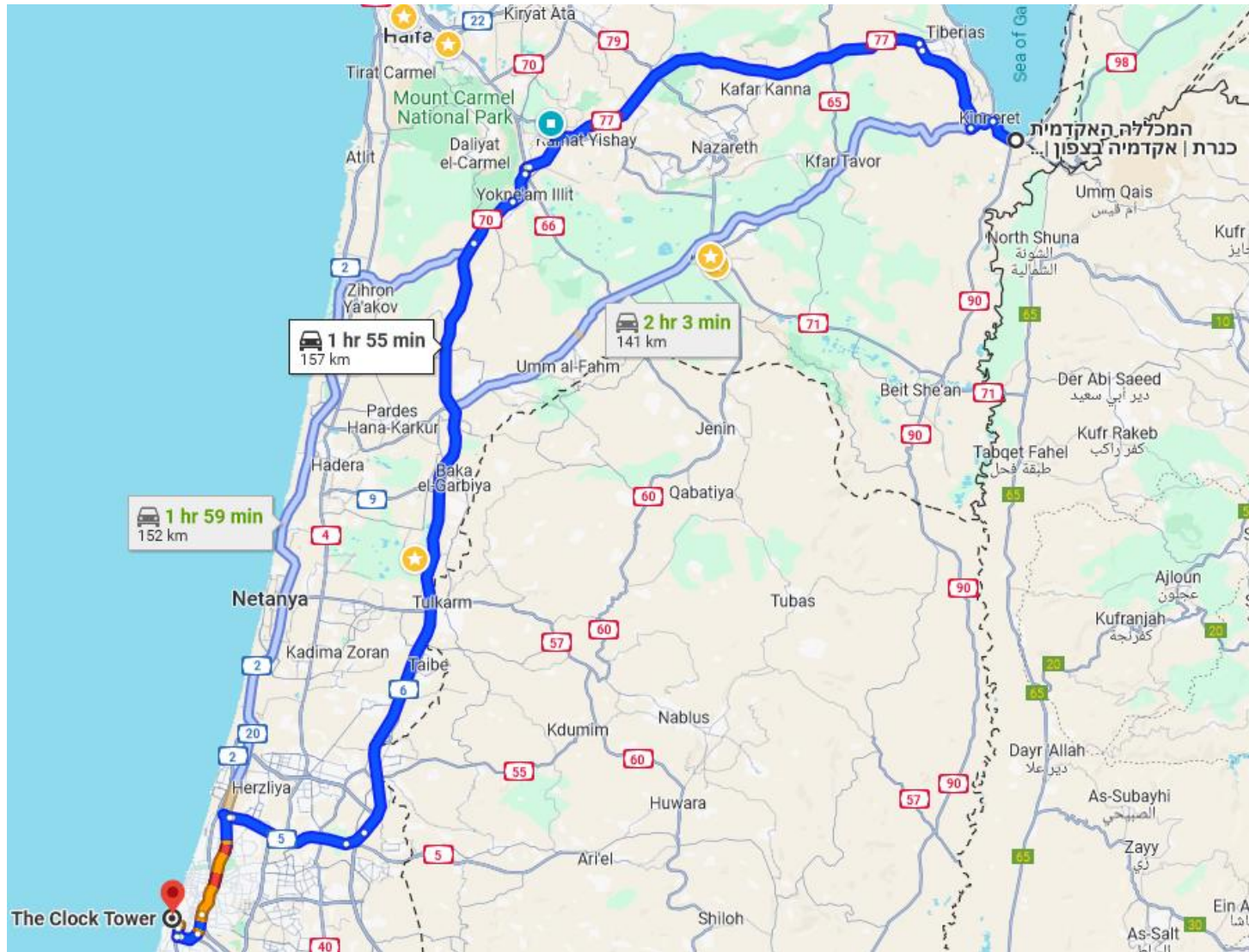


שהייה מינימלית

לערוצים יש משקלים שהוקצו באופן דינמי על סמך התעבורה בחיבור

טבלאות ניתוב מתעדכנות תמיד כך שבוחרים נתיבים עם שהייה מינימלית

הקצר ביותר לעומת המהיר ביותר



- פרוטוקול האינטרנט גרסה 6

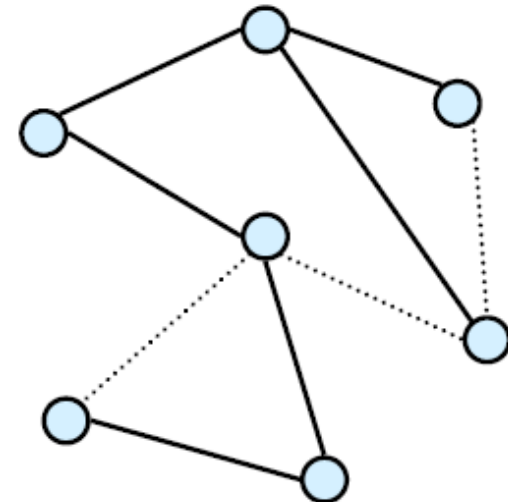
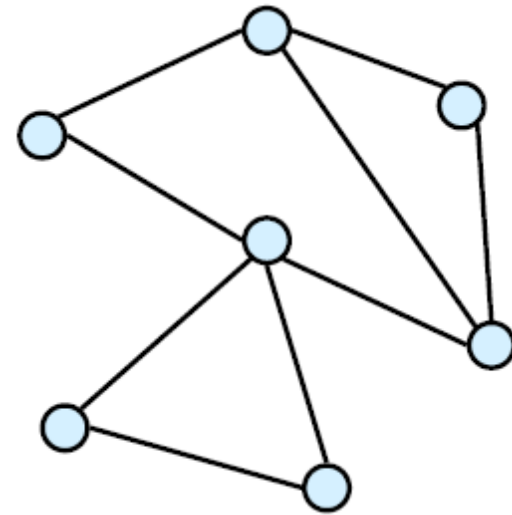
- ניתוב

 - מבוא ומטרות

 - RIP

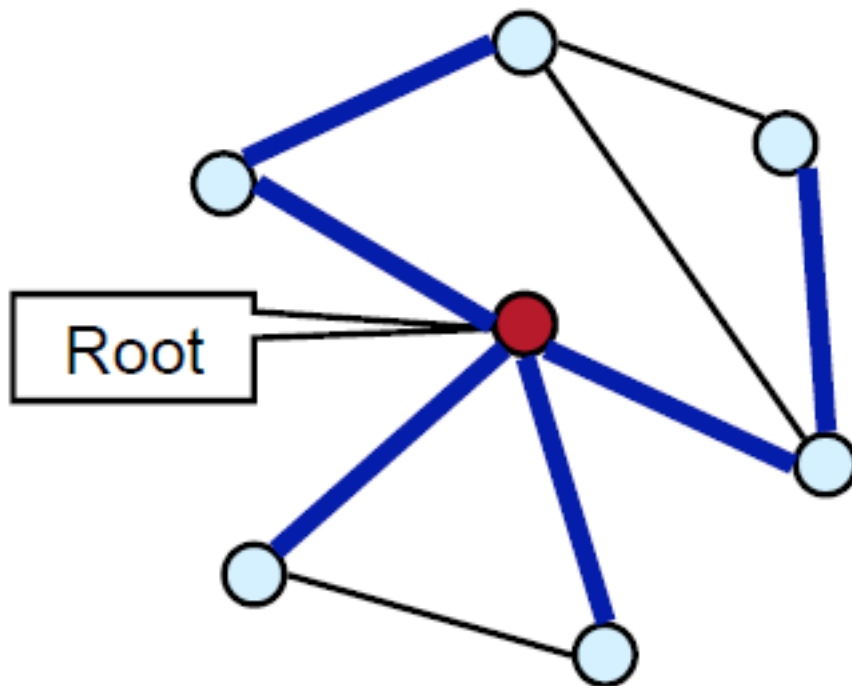
עצים פורשים (רעיון)

- בהינתן גרף מחובר G
- עץ פורש הוא תת-גרף לא-מחזורי ומחובר של G שמכיל את כל הצמתים.



אלגוריתם עץ פורש (באופן מופשט)

- בחר צומת להיות השורש
- חשב את המסלולים הקצרים ביותר לשורש
- אם יש תיקו, שוברים אותו



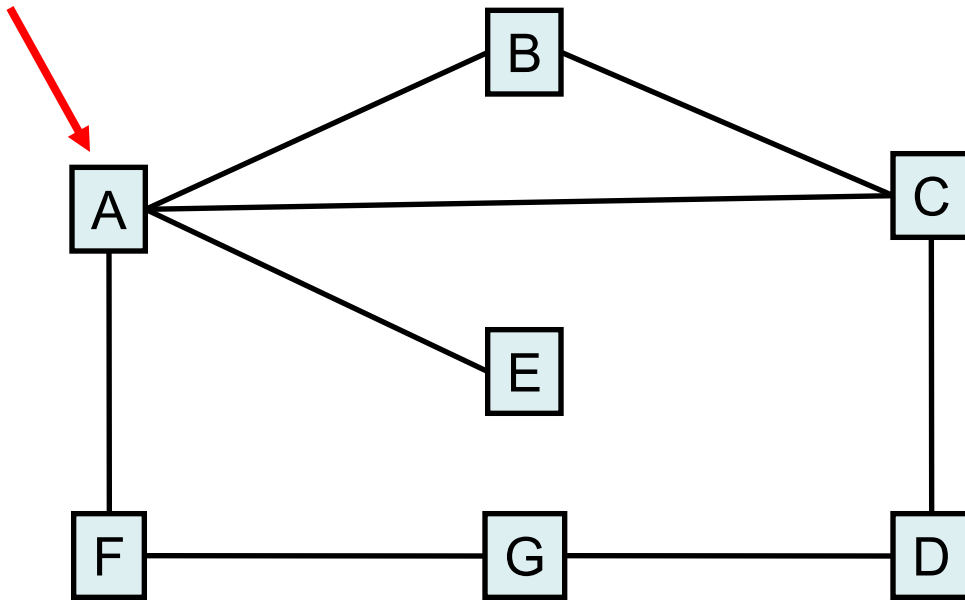
אלגוריתם וקטור מרחק (RIP)

- דומה לאלגוריתם עץ פורש לגשרים
- שונה שהמידע על המרחק מועבר לכל הצמתים (לא רק מידע על השורש).
- גם נקרא "אלגוריתם בלמן-פורד"

כל צומת בונה וקטור מרחקים

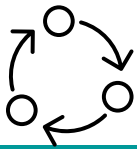
- מכיל המרחק (עלות) להגיע לכל צומת אחר
- בהתחלה:
- הרחק לשכנים הישירים (הפשטה לעכשיו) $= 1$
- המרחק לאחרים $= \infty$
- טבלת הניתוב משקפת את מה שידוע לצומת

גרף רשת לדוגמה



המידע ההתחלתי של A

Dest יעד	Cost מרחק	NextHop צעד הבא
B	1	B
C	1	C
D	∞	-
E	1	E
F	1	F
G	∞	-



שלבי עבודה

לאחר כמה
סבבי עבודה,
מידע והניתוב
מתכנס

אם
המחשב
שינה את
הטבלאות,
שלח את
הווקטור
החדש
לשכנים

השכנים
מעדכנים את
וקטורי
המרחק
בהתאם.

- מתעלם ממידע
שלא משפר
- מעדכן
מסלולים
שהשתפרו

כל מחשב
שולח את
הווקטור
שלו לשכנים

- פרוטוקול האינטרנט גרסה 6

- ניתוב

 - מבוא ומטרות

 - RIP