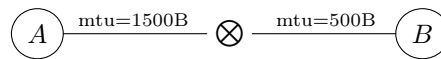
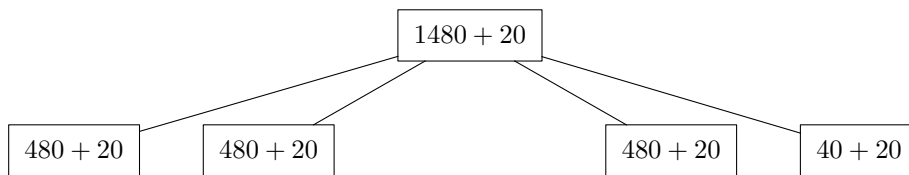


## IP Fragmentation

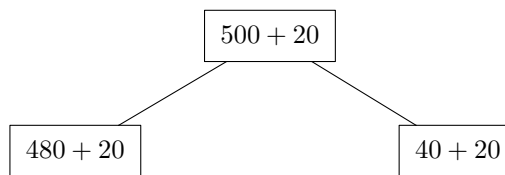
האפליקציה שולחת את ההודעה - טקסט. מתחת לזה את שכבת Transport - בד"כ TCP או UDP. גם השכבה הזו מוסיפה תחילית(תלוי בשכבה). מתחת לזה יש את שכבת ה-IP שספקת לנו שירות של העברת נתונים באינטרנט. בשביל לספק את השירות הזה, גם מוסיפה תחילית, שרשומים בה כתובת השולח והמקבל ועוד כל מיני נתונים. מתחת לזה יש שכבת DataLink, שגם לה יש תחילית. התחילית הזאת לא חלק מ-MTU, כי ה-DataLink קובע את ה-MTU. בתחילית UDP יש שדה length באורך 16b, ולכן ה-MTU המקסימלי הוא  $2^{16} = 64KB$  - למרות שבד"כ אפשר קצת פחות.



נניח שמשכבת האפליקציה נשלחים 1990B. תחילית UDP היא 10B. תחילית IP היא 20B. החבילה גדולה מדי, ולכן A מפצל אותה. החבילה הראשונה היא  $1480 + 20 = 1500B$ . בתחילית IP יש שדה offset שאומר מאיזה בית של החבילה המקורית מתחילה החבילה. יש גם שדה ID שמזהה פרגמנטים של החבילה המקורית. שלחנו 1500B, אבל רק 1480 מהם הם של המידע שהגיע מה-UDP - מה שאומר שנשאר לנו עוד 520 בתים(את תחילית ה-UDP לא צריך לשלוח עוד פעם) - אבל את תחילית ה-IP כן צריך להוסיף כל פעם, ולכן שולחים  $520 + 20 = 540B$  בחבילה השנייה. כשהמידע מגיע ל-B, ה-MTU קטן - וצריך לפרגמנט מחדש.



אבל אחרי זה מגיעה עוד חבילה, שגם אותה צריך לפרגמנט:



נשים לב שיש לנו שני פרגמנטים קטנים של  $40 + 20B$  - כי היו לנו שני פיצולים, והנתבים לא מחברים אותם לפרגמנט אחד של  $80 + 20$ . חשוב לזכור שאם אחד מהפרגמנטים לא מגיע אחרי זמן קצוב(30 שניות), שכבת ה-IP זורקת את כל שאר הפרגמנטים, וצריך לשלוח מחדש את החבילה.

## פרוטוקול TCP ו Path MTU Discovery

פרוטוקול UDP הוא Stateless, ולכן אין לו אפשרות בשכבת התעבורה לשמור MTU לכל Path, וצריך לעשות את זה בשכבת האפליקציה. TCP, לעומת זאת, יודע לעשות את זה בשכבת התעבורה. Path MTU Discovery זה תהליך שמשמש בנתבים כדי לגלות את ה-MTU המינימלי עד ליעד הסופי.

המחשב שולח חבילה בגודל מקסימלי עם תחילת IP שבה מודלק הדגל DF (=לא לפרגמנט). הנתב הראשון שלא יכול לקבל את החבילה שולח בחזרה חבילת ICMP, שבתחילת שלה יש שדה NextMTU שאומר מה ה-MTU שחסם את מעבר החבילה, שדה Type עם ערך 3 (=Destination Unreachable) - אבל זו שגיאה מאוד רחבה, ולכן יש שדה נוסף, Code, עם ערך 4 (=Fragmentation Needed). Payload של חבילת ה-ICMP יש את תחילת ה-IP ועוד 8 בתים, שמאפשרים לפרוטוקול TCP לדעת על איזה Path לרשום את ה-MTU שהתקבל.

## שכבת התעבורה (TCP/UDP)

שכבת ה-IP מעבירה נתונים מכרטיס רשת במחשב השולח לכרטיס רשת במחשב המקבל. אבל המידע בסופו של דבר צריך להגיע מאפליקציה לאפליקציה, וכרטיסי הרשת הם שלבי ביניים, לא היעד הסופי. לכן יש את שכבת התעבורה, שנותנת שירות מהתהליך השולח לתהליך המקבל.