



מהנדסים פיתחו את האינטרנט הביולוגי - Bi-Fi

מדענים מסטנפורד הצליחו להעביר מסרים מורכבים בין תאים רחוקים, טכנולוגיה המכונה אינטרנט ביולוגי ♦ כמו שלא היה אפשר לדעת לאן יוביל האינטרנט של המידע, כשהוצג לראשונה בשנות ה-70, קשה להעריך מה יהיו היישומים של האינטרנט הביולוגי

או 'ללא סוכר' מסביר אנדי. תאים המהונדסים בעזרת M13 יכולים להיות מתוכנתים לתקשר מסרים הרבה יותר מורכבים בדרכים רבות עוצמה. המסרים האפשריים מוגבלים רק בידי מה שניתן לקודד ב-DNA, ויכולים לכלול כל סוג של הוראה גנטית: "התחל לגדול, הפסק לגדול, התקרב, שחה החוצה, יצר אינסולין ועוד.

קצבים וטווחים

באמצעות ניצול ה-DNA למסרים בין תא לתא, החוקרים גם הגדילו את כמות הנתונים המועברים בכל זמן נתון. במונחים דיגיטליים, הם הצליחו להגדיל את קצב העברת הנתונים במערכת שלהם. גדיל ה-DNA הגדול ביותר שהם הצליחו לארוז כולל למעלה מ-40 אלף זוגות בסיסים.

זוג בסיסים, כמו אפסים ואחדים בקידוד הדיגיטלי הם אבני הבניין הבסיסיות של המידע הגנטי. מרבית המסרים הגנטיים המעניינים את הביולוגים משתרעים החל מכמה מאות לכמה אלפי זוגות בסיסים. אורטיז אפילו הצליחה לשדר את המסר הגנטי שלה בין תאים המופרדים בתווך ג'לטני למרחק שגדול מ-7 סנטימטר. "זו תקשורת ארוכת טווח מאוד, בכל הנוגע לתאים", אמרה.

בהמשך, עשוי האינטרנט הביולוגי להוביל לפיתוח מפעלים ביו-סינתטיים, שבהם מסות עצומות של חיידקים משתפים פעולה כדי ליצור דלקים מורכבים, תרופות וחומרים כימיים שימושיים אחרים. לאחר שיפור התהליך, אומרים המהנדסים,

פלטפורמת התקשורת הבין תאית עשויה יום אחד לאפשר תכנות תלת ממדי מורכב של מערכות תאיות, לרבות התחדשות רקמות או איברים. "היכולת לתקשר מסרים 'שרירותיים' מהווה זינוק בסיסי מן אפשרות לאות ותגובה בלבד, לשפה אמיתית של אינטראקציה", אומרת **רדיקה נאנפאל**, פרופ' למדעי המחשב במכון ויס למערכות הנדסיות, המקבלות השראה מהביולוגיה באוניברסיטת הארווארד, שאינה מעורבת במחקר. תזמור שיתוף הפעולה של תאים ליצירת רקמות מלאכותיות או אפילו איברים מלאכותיים היא רק אפשרות אחת. הדבר פותח דלתות למערכות ביולוגיות חדשות ולפתרון בעיות שאין להן מקבילה בטבע.

אורטיז הוסיפה: "האינטרנט הביולוגי נמצא בשלבים הראשונים שלו. כאשר אינטרנט המידע הוצג לראשונה בשנות ה-70, היה קשה מאוד לדמיין את עושר היישומים שלו כיום, כך שאיננו יכולים להעריך לאילו מחזות העבודה הזאת עשויה להוליך."

אם הייתם חיידקים, הווירוס M13 היה נראה לכם בלתי מזיק. הוא רומז יותר מאשר הוא פולש, ומתקין חנות להאכלה חופשית של אורחים. הוא אינו רוצח. ברגע שהוא מגיע לתוך התא של הוא מרגיש בבית, אוכל את האוכל שלכם, בלי אפליה. ואולם לאחרונה, מהנדסים באוניברסיטת סטנפורד ערכו שינויים קלים ל-M13.

החוקרים, **מוניקה אורטיז** - דוקטורנטית לביו-הנדסה, וד"ר **דרו אנדי** - פרופ' עוזר לביו-הנדסה, הצליחו למצוא את המרכיב המרכזי של M13 - העובדה שהוא אינו ממית, ויכולתו לארוז ולשדר סלילי DNA - כדי ליצור מה שניתן לכנות בשם האינטרנט הביולוגי או Bi-Fi. ממצאיהם פורסמו בגרסה המקוונת של כתב העת Journal of Biological Engineering.

באמצעות הווירוס הצליחו אורטיז ואנדי ליצור מנגנון ביולוגי, ששולח מסרים גנטיים מתא לתא. המערכת שלהם הגדילה באופן ניכר את המורכבות ואת כמות הנתונים שיכולים להיות משודרים בין תאים, ויכולה להביא לבקרה גדולה יותר של תכונות ביולוגיות בתוך קהילות תאים.

החידוש יכול להפוך לברכה לביו-מהנדסים המחפשים ליצור קהילות רב תאיות מורכבות, שיעבדו במתואם כדי להשיג תכונות ביולוגיות חשובות.

מדיום ומסר

M13 הוא מכונת אריזה של מסרים גנטיים. הוא משתכפל בתוך המארח שלו, לוקח גדילים של DNA שהמהנדס יכול לשלוט עליהם - ומוציא אותם אחד אחרי השני ושולח אותם ארוזים בתוך חלבונים המיוצרים בידי M13, שיכולים להשפיע על תאים אחרים. ברגע

שהווירוסים נמצאים בתוך התאים המארחים החדשים הם משחררים את מסר ה-DNA הארוז.

מערכות המבוססות על וירוס M13 יוכלו לשמש כערוצי תקשורת. הם פועלים כמו קישור אינטרנט אלחוטי, המאפשר לתאים לשלוח או לקבל מסרים, אך אינם מודאגים מהשאלה אילו סודות מועברים במסרים. "בפועל, אנו מפיצים את המסר מהערוץ. אנו יכולים לשלוח כעת כל מסר DNA שאנו רוצים לתאים ספציפיים במושבה החיידקית המורכבת", אומרת אורטיז, החוקרת הראשית במאמר.

"ידוע היטב כי התאים משתמשים באופן טבעי בכמה מנגנונים, לרבות כימיים, כדי לתקשר, אך מסרים אלה מוגבלים מאוד הן במורכבות והן ברוחב הפס. אותות כימיים פשוטים הם בדרך כלל הן המסר והן השליח - שתי תכונות שאי אפשר להפריד ביניהן. "אם רשת התקשורת שלכם מבוססת על סוכר, המסרים שלכם מוגבלים ליותר סוכר, 'פחות סוכר' -

