



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0053004

(51)^{2021.01} G01L 5/102; G01M 5/00; G01L 5/101

(13) B

(21) 1-2022-05335

(22) 01/02/2021

(86) PCT/US2021/016061 01/02/2021

(87) WO 2021/155358 05/08/2021

(30) 62/967,733 30/01/2020 US; 62/967,736 30/01/2020 US; 63/030,485 27/05/2020 US

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/10/2022 415A

(73) TENSAR INTERNATIONAL CORPORATION (US)

2500 Northwinds Parkway, Suite 500, Alpharetta, Georgia 30009 United States of America.

(72) CAVANAUGH, Joseph (US); HAMMOND, Matthew (US); WALLACE, John (US).

(74) Công ty TNHH Đại Tín và Liên danh (DAITIN AND ASSOCIATES CO.,LTD)

(54) HỆ THỐNG KÍCH HOẠT CẢM BIẾN VÀ PHƯƠNG PHÁP GIÁM SÁT SỨC KHỎE, ĐIỀU KIỆN, VÀ/HOẶC TRẠNG THÁI CỦA CƠ SỞ HẠ TẦNG

(21) 1-2022-05335

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng. Trong một số phương án, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến bao gồm lưới địa lý kích hoạt cảm biến, hệ thống còn bao gồm lưới địa lý giữ sự sắp xếp của một hoặc nhiều cảm biến. Hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến còn bao gồm các phương tiện truyền thông hoặc mạng để thu thập thông tin, và/hoặc dữ liệu từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến về sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến phương pháp sử dụng hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến theo sáng chế để giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng.

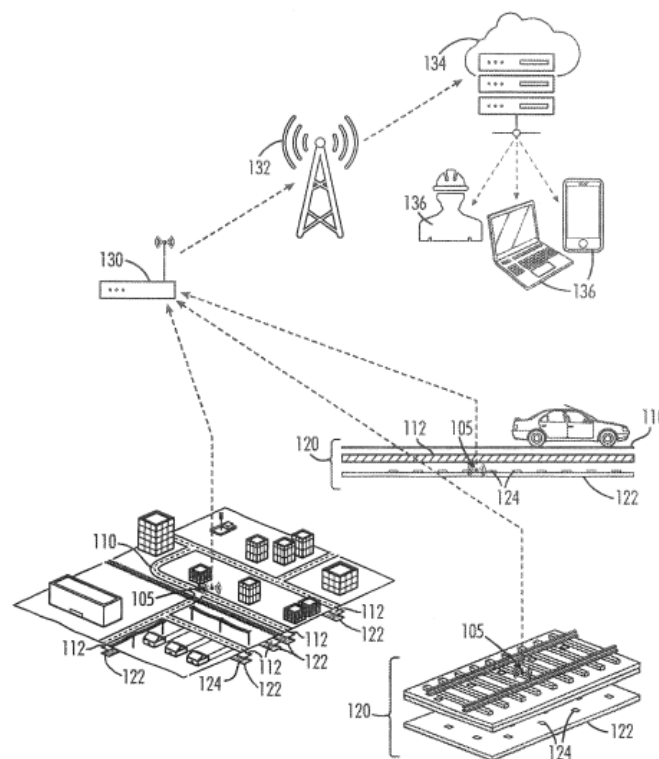


FIG.1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế nói chung đề cập đến việc giám sát sức khỏe kết cấu và cụ thể hơn là đến lưới địa lý, và/hoặc nền tảng kích hoạt cảm biến để giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các công nghệ cảm biến cung cấp dữ liệu để đánh giá điều kiện hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng được sử dụng phổ biến trong các ứng dụng như cầu, đường hầm, và các tòa nhà. Các ứng dụng này thường được gọi là giám sát sức khỏe kết cấu (Structural Health Monitoring, SHM). Các cơ sở hạ tầng khác, chẳng hạn như đường bộ, đường ray, bãi đậu xe, giàn khoan, tòa nhà, tường và dốc, và các ứng dụng hàng hải, cũng có thể được hưởng lợi từ việc sử dụng các cảm biến mà cung cấp dữ liệu có thể được sử dụng để đánh giá điều kiện của chúng. Tuy nhiên, việc thêm các cảm biến vào các ứng dụng này theo truyền thống là rất khó do cần phải loại bỏ các vật liệu hiện có và đảm bảo vị trí chính xác của các cảm biến để cung cấp dữ liệu có ý nghĩa. Những vấn đề này càng trở nên trầm trọng hơn do vị trí và quy mô của cơ sở hạ tầng được lắp đặt, cũng như môi trường xung quanh thường không khoan nhượng.

Do đó, các ứng dụng cơ sở hạ tầng khác nhau có thể được hưởng lợi từ SHM nếu dữ liệu cảm biến chính xác có sẵn có thể được sử dụng để đánh giá các điều kiện ảnh hưởng đến kết cấu. Ví dụ, trong các ứng dụng đường ray, sự tạo ầm bên dưới balát đường ray được biết đến là vấn đề có thể làm suy yếu kết cấu của balát và lớp đất bên dưới balát, dẫn đến sự xuống cấp và chuyển động của đường ray và cuối cùng cần phải sửa chữa. Trong một số trường hợp, đường ray có thể bị suy yếu khiến tốc độ của tàu phải giảm hoặc (trong trường hợp nghiêm trọng) có thể xảy ra trật đường ray. Trong các ứng dụng làm đường và đường bộ, khi số lượng giao thông, và/hoặc tải trọng tăng lên hoặc nếu xói mòn xảy ra do nền đất

chịu lực chuyển dịch (ví dụ do rửa trôi), hần lún và các chuyển động khác trên đường bộ có thể xảy ra dưới lưới địa lý và cốt liệu, gây ra các vết nứt xuất hiện trên bề mặt của đường và cuối cùng (trong điều kiện nghiêm trọng) gây sụp đổ lòng đường. Hơn nữa, trong các tòa nhà và cơ sở hạ tầng khác, sự suy yếu của lớp đất bên dưới có thể gây ra thiệt hại đáng kể cho các kết cấu và cần phải sửa chữa nhiều và tốn kém.

Hiện tại, sức khỏe, và/hoặc điều kiện và trạng thái của cơ sở hạ tầng thường được đánh giá bằng cách kiểm tra trực quan. Kiểm tra trực quan gặp phải vấn đề là chỉ có thể nhìn thấy những gì ở trên mặt đất. Ngoài ra, việc kiểm tra trực quan tốn nhiều thời gian, yêu cầu nhân viên có mặt tại hiện trường để thực hiện kiểm tra, và gặp phải sự chủ quan khi đánh giá mức độ nghiêm trọng của điều kiện này. Trong nhiều trường hợp, khi đã phát hiện ra sự cố bằng cách kiểm tra trực quan, thì đã xảy ra hư hỏng ở kết cấu công trình phụ (đất, cốt liệu, balát, balát phụ, lớp phụ, v.v.) và có thể yêu cầu phải sửa chữa lớn (thường là những trường hợp theo cách khẩn cấp và với chi phí tăng lên). Từ lâu đã có nhu cầu cải thiện các điều kiện xung quanh việc bảo trì cơ sở hạ tầng, sức khỏe, và điều kiện thông qua giám sát có hệ thống. Sáng chế ở đây cố gắng loại bỏ lỗi của con người và loại bỏ công việc kiểm tra trực quan tốn nhiều công sức. Sáng chế tìm cách cung cấp cho các nhóm và tổ chức những phản hồi có ý nghĩa và hiểu biết về điều kiện và sức khỏe cơ sở hạ tầng. Khi làm như vậy, hệ thống và các phương pháp ở đây cung cấp chương trình bảo trì chủ động, thay thế các đo lường phản ứng thường xuyên.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các khía cạnh của các hệ thống kích hoạt cảm biến và các phương pháp để giám sát sức khỏe kết cấu, tính toàn vẹn, và điều kiện của cơ sở hạ tầng được bộc lộ. Cơ sở hạ tầng được tham chiếu ở đây là các phương án khác nhau, chẳng hạn như cơ sở hạ tầng đường bộ, cơ sở hạ tầng đường ray, cơ sở hạ tầng xây dựng, nền tảng làm việc, và cơ sở hạ tầng liên quan đến công trình dân dụng và địa kỹ thuật khác mà trong đó lưới địa lý, sợi địa lý, hoặc các vật liệu địa tổng hợp khác được sử dụng.

Theo một khía cạnh, hệ thống giám sát cơ sở hạ tầng được bộc lộ. Hệ thống giám sát cơ sở hạ tầng bao gồm lưới địa lý kích hoạt cảm biến. Lưới địa lý kích hoạt cảm biến được trang bị hoặc tạo cấu hình với một hoặc nhiều cảm biến. Lưới địa lý kích hoạt cảm biến còn được tạo cấu hình cho vi điều khiển. Bộ vi điều khiển truyền thông với mạng máy tính, trong đó dữ liệu nhận được sẽ được phân tích và giám sát. Dữ liệu được giám sát khi được phân tích được sử dụng để xác định sức khỏe, và/hoặc điều kiện của cơ sở hạ tầng.

Theo một khía cạnh khác, máy giám sát cơ sở hạ tầng được bộc lộ. Máy bao gồm hộp cảm biến. Hộp cảm biến bao gồm bộ vi điều khiển, bộ nguồn, và bộ điều hợp truyền thông. Hộp cảm biến và bộ vi điều khiển còn được tạo cấu hình để đo biến dạng, cảm biến uốn, cảm biến độ ẩm, và cảm biến nhiệt độ.

Theo một khía cạnh, nhiều cảm biến được trang bị, và tạo cấu hình với lưới địa lý để tạo thành lưới địa lý kích hoạt cảm biến. Lưới địa lý kích hoạt cảm biến cung cấp thông tin và hiểu biết về cơ sở hạ tầng, bao gồm trạng thái và sức khỏe, và/hoặc điều kiện của cơ sở hạ tầng. Thông tin như vậy được truyền đi dọc theo hàng loạt mạng lưới truyền thông và máy tính; loại hệ thống này thường được gọi là nền tảng Internet vạn vật (Internet of Things, IoT). Trong nền tảng IoT, các đối tượng vật lý được nhúng với các cảm biến, phần mềm, và công nghệ cho phép kết nối và trao đổi dữ liệu với các hệ thống qua Internet.

Theo một phương án, phương pháp để giám sát điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng được bộc lộ. Phương pháp bao gồm cài đặt lưới địa lý kích hoạt cảm biến trong vật liệu nền. Tiếp theo, cung cấp liên kết truyền thông từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến tới mạng máy tính. Sau đó, giám sát thông tin được truyền từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến. Trong quá trình giám sát, thông tin được phân tích và xử lý bằng máy móc xử lý cơ sở hạ tầng, trong đó máy móc xác định các thay đổi thông tin về sức khỏe, và/hoặc điều kiện của cơ sở hạ tầng.

Theo một số phương án, đối tượng theo sáng chế cung cấp hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng. Hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến bao gồm lưới địa lý kích hoạt cảm biến và các phương tiện truyền thông hoặc mạng lưới để thu thập thông tin, và/hoặc dữ liệu về sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng. Hơn nữa, theo phương án hiện tại, mạng máy tính bao gồm nền tảng và ứng dụng hướng tới người dùng mà báo cáo trạng thái và cung cấp cập nhật thời gian thực về thông tin nhận được từ các cảm biến.

Theo một số phương án, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp theo sáng chế bao gồm lưới địa lý đóng vai trò là “vật mang” cảm biến mà có thể được sử dụng để giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng. Trong các phương án tương tự, lưới địa lý kích hoạt cảm biến có thể là lưới địa lý nhiều trục trong các cấu hình như đơn trục, hai trục, ba trục, và lục giác, với một vài cấu hình. Theo các phương án khác, vật mang cảm biến có thể là sợi địa lý hoặc vật liệu giữ đất bên dưới khác như vật liệu địa tổng hợp, mạng địa lý, lưới địa lý, hoặc địa tổng hợp.

Theo một số phương án, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp theo sáng chế đề xuất lưới địa lý kích hoạt cảm biến dễ cài đặt và đề xuất cơ chế dễ dàng để giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng. Hệ thống có khả năng cảm là chạy các khía cạnh và có thể tích hợp trong các dự án cơ sở hạ tầng mới hoặc được lắp đặt để khắc phục trên cơ sở hạ tầng hiện tại. Sự dễ dàng cài đặt bao gồm khả năng chạy các phần liên kết của lưới địa lý kích hoạt cảm biến để tạo thành một vùng phủ sóng, trong đó nhiều cảm biến trên nhiều lưới địa lý kích hoạt cảm biến hoạt động đồng thời và truyền phản hồi theo thời gian thực về trạng thái của toàn bộ khu vực được lắp đặt.

Theo một số phương án, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp theo sáng chế cung cấp thông tin, và/hoặc dữ liệu về sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng có thể hữu ích trong nhiều ứng dụng, chẳng hạn như, nhưng không giới hạn ở, bảo trì dựa trên điều kiện, tối ưu hóa chi phí

vòng đời, ước tính tuổi thọ còn lại, và lập kế hoạch vốn. Hơn nữa, các hệ thống và phương pháp được bộc lộ ở đây có thể bao gồm các khía cạnh của các nền tảng IoT khác, và có thể được kết hợp với các hệ thống khác, và được tích hợp để tạo thành gói cơ sở hạ tầng hoàn chỉnh hơn - ví dụ, dự án xây dựng và phần mềm quản lý xây dựng có thể bao gồm phần bộc lộ ở đây như một khía cạnh của chương trình khi cài đặt hoặc cập nhật cơ sở hạ tầng.

Theo một số phương án, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp theo sáng chế sử dụng lưới địa lý kích hoạt cảm biến để cung cấp thông tin "bên dưới bề mặt", và/hoặc dữ liệu về sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng trong đó thông tin "bên dưới bề mặt" nếu không thì, có thể không đạt được bằng các phương tiện thông thường như bằng cách kiểm tra bằng mắt.

Các phương án được đề cập ở trên chỉ là một vài ví dụ về cấu hình của hệ thống, máy, và phương pháp được bộc lộ ở đây. Sau đây tìm hiểu sâu hơn và bao quát chi tiết về các phương án ví dụ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Nhiều khía cạnh của sáng chế sẽ được hiểu rõ hơn khi tham khảo các hình vẽ sau. Các thành phần trong hình vẽ không nhất thiết phải chia tỷ lệ, thay vào đó nhấn mạnh vào việc minh họa rõ ràng các nguyên lý của sáng chế. Hơn nữa, trong các hình vẽ, các số tham chiếu giống nhau chỉ định các phần tương ứng trong suốt các chế độ xem. Cần phải thừa nhận rằng các triển khai và phương án này chỉ chủ yếu là minh họa cho các nguyên lý của sáng chế. Do đó, trong các hình vẽ:

FIG.1 là sơ đồ khối của ví dụ về hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến để giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng;

FIG.2 minh họa ví dụ về cơ sở hạ tầng lưới địa lý kích hoạt cảm biến để giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng;

FIG.3 minh họa ví dụ về hộp cảm biến được tạo cấu hình trên lưới địa lý;

FIG.4A minh họa ví dụ về hộp cảm biến được tạo cấu hình trên lưới địa lý với các thành phần bên trong được hiển thị;

FIG.4B minh họa ví dụ về hộp cảm biến được tạo cấu hình trên lưới địa lý;

FIG.5 minh họa ví dụ về sợi địa lý được nhúng với cảm biến;

FIG.6 minh họa ví dụ về các thành phần bên trong của hộp cảm biến;

FIG.7 là sơ đồ thành phần của vi điều khiển ví dụ được tạo cấu hình cho lưới địa lý kích hoạt cảm biến;

FIG.8 là minh họa về cơ sở hạ tầng IoT của lưới địa lý kích hoạt cảm biến;

FIG.9A là minh họa cho ví dụ về máy đo độ uốn;

FIG.9B là minh họa của gia tốc kế ví dụ;

FIG.9C là minh họa của cảm biến nhiệt độ ví dụ;

FIG.9D là minh họa của cảm biến độ ẩm ví dụ;

FIG.9E là minh họa của máy đo biến dạng ví dụ;

FIG.10 là sơ đồ ví dụ về phương pháp giám sát điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng;

FIG.11 là sơ đồ ví dụ về phương pháp giám sát điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng;

FIG.12 là sơ đồ trình tự của ví dụ về phương pháp giám sát điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng;

FIG.13A là minh họa ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray;

FIG.13B là minh họa ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray với sự thay đổi về điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường ray;

FIG.14A là minh họa ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray với lưới địa lý kích hoạt cảm biến được lắp đặt phía trên lớp phụ;

FIG.14B là minh họa về ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray với lưới địa lý kích hoạt cảm biến được lắp đặt phía trên balát phụ;

FIG.15A là minh họa cho ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray với lưới địa lý kích hoạt cảm biến được lắp đặt và thay đổi điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường ray trong lớp phụ;

FIG.15B là minh họa ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray với lưới địa lý kích hoạt cảm biến được lắp đặt và thay đổi điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường ray trong balát phụ;

FIG.16A là minh họa về ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray với lưới địa lý kích hoạt cảm biến được lắp đặt và thay đổi điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường ray trong balát phụ;

FIG.16B là minh họa về ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray với lưới địa lý kích hoạt cảm biến được lắp đặt và thay đổi điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường ray trong balát;

FIG.17A là minh họa về ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray với các lưới địa lý kích hoạt cảm biến được lắp đặt tại nhiều lớp của cơ sở hạ tầng đường ray.

FIG.17B là minh họa về ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray với cảm biến trên thanh giằng, hộp cảm biến, và cổng giao tiếp;

FIG.18A là minh họa cho một cấu hình khác của ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray với cảm biến trên thanh giằng, hộp cảm biến, và cổng giao tiếp;

FIG.18B là minh họa hình chiếu từ trên cao của cấu hình cảm biến trên lưới địa lý kích hoạt cảm biến trên cơ sở hạ tầng đường ray;

FIG.19 là sơ đồ ví dụ về phương pháp giám sát điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường ray;

FIG.20 là minh họa các lực lượng trên cơ sở hạ tầng đường bộ;

FIG.21A là minh họa về cơ sở hạ tầng đường bộ ví dụ;

FIG.21B là minh họa về sự thay đổi ví dụ về điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường bộ;

FIG.22A là minh họa về cơ sở hạ tầng đường bộ được kích hoạt cảm biến ví dụ;

FIG.22B là minh họa ví dụ về cơ sở hạ tầng đường bộ được kích hoạt cảm biến trải qua sự thay đổi về điều kiện, và/hoặc sức khỏe của hệ thống;

FIG.23 là sơ đồ ví dụ về phương pháp giám sát điều kiện và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường bộ;

FIG.24 là ví dụ về giao diện người dùng từ mạng máy tính hiển thị hệ thống cơ sở hạ tầng kích hoạt cảm biến.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế bây giờ sẽ được mô tả đầy đủ hơn sau đây với sự tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo, trong đó một số, nhưng không phải tất cả các phương án của sáng chế được thể hiện. Số chỉ dẫn giống nhau đề cập đến các phần tử giống nhau xuyên suốt bản mô tả. Đối tượng theo sáng chế có thể được thể hiện dưới nhiều dạng khác nhau và không nên được hiểu là giới hạn trong các phương án được nêu ở đây; thay vào đó, các phương án này được cung cấp để sáng chế sẽ đáp ứng các yêu cầu pháp lý hiện hành. Thật vậy, nhiều sửa đổi và các phương án khác của đối tượng theo sáng chế được nêu ở đây sẽ lưu ý đến người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật của đối tượng theo sáng chế cho rằng có lợi ích của các kiến thức được trình bày trong các mô tả ở trên và các hình vẽ liên quan. Do đó, cần phải hiểu rằng đối tượng theo sáng chế không bị giới hạn trong các

phương án cụ thể được bộc lộ và rằng các sửa đổi và các phương án khác được dự định bao gồm trong phạm vi của các yêu cầu bảo hộ đi kèm.

Phần lớn sáng chế dựa trên sự hiểu biết về một số số liệu cơ bản được sử dụng trong hỗ trợ cơ sở hạ tầng, bao gồm hỗ trợ cơ sở hạ tầng đường bộ và đường ray. Một trong những số liệu hoặc phương trình như vậy là Phương pháp thiết kế Giroud - Han (GH), trong đó $h =$

$$\frac{\{0,868 + CF\left(\frac{r}{h}\right)^{1,5}\} \text{Log} 1N}{\{1 + 0,204[Re - 1]\}} \times \left(\frac{\frac{\sqrt{P}}{\pi r^2}}{\frac{s}{fs} \left\{ 1 - 0,9 \exp \left[- \left(\frac{r}{h} \right)^2 \right] \right\}^{NcCu}} - 1 \right) r.$$

Trong đó h là hệ số cốt liệu được nén yêu cầu (như sỏi hoặc vật liệu cốt liệu khác) với chiều dày m . CF là hệ số hiệu chuẩn cho lưới địa tổng hợp/sỏi địa lý/lưới địa lý được sử dụng trong thiết kế. Re là tỷ lệ mô đun giới hạn của hệ số cốt liệu nén đất lớp phụ (Tối đa = 5,0). r là bán kính của khu vực tiếp xúc với lớp tương đương. Điều quan trọng đối với các thuật toán bộc lộ ở đây, giá trị s là độ sâu rãnh tối đa cho phép. fs là độ sâu rãnh tham chiếu. Nc là hệ số sức chịu tải (đối với đường không ổn định, $Nc = 3,14$; đối với đường ổn định bằng sỏi địa lý $Nc = 5,14$; đối với đường ổn định lưới địa lý, $Nc = 5,71$).

Một phương trình khác là định nghĩa của biến dạng sử dụng máy đo biến dạng. Biến dạng có thể là dương (biến dạng kéo), hoặc âm (biến dạng nén). Biến dạng là không có chiều, trừ khi được tạo cấu hình theo cách để phát hiện chiều, trong thực tế, độ lớn của biến dạng thấp và thường được đo bằng microstrain ($\mu\epsilon$). Do đó, biến dạng là lượng biến dạng của vật thể do lực tác dụng. Cụ thể hơn, biến dạng (ϵ) được định nghĩa là sự thay đổi theo tỉ số độ dài với phương trình sau:

$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$. Một khía cạnh khác của máy đo biến dạng là xác định rõ ràng và hiệu tham số hoặc độ nhạy đối với biến dạng. Độ nhạy này thường được biểu thị định lượng dưới dạng hệ số đo hoặc GF. Chúng ta có thể xác định hệ số đo bằng công thức sau: $GF = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta L}{L}}$ hoặc $(\frac{\Delta R}{R})/\epsilon$. Trong đó hệ số đo GF được xác định bằng tỷ số

giữa sự thay đổi tỷ lệ trong điện trở với sự thay đổi tỷ lệ trong chiều dài (biến dạng).

Với cảm biến uốn bao gồm nhựa nền phenolic, mực dẫn điện, và dây dẫn phân đoạn, chúng yêu cầu phải biết về điện trở được tạo ra khi bị uốn cong. Trong một ví dụ, cảm biến uốn phẳng đo được $25\text{ K}\Omega$, khi uốn cong ở 45° , cảm biến uốn sẽ đo được $62,5\text{ K}\Omega$, và khi uốn cong 90° , cảm biến uốn sẽ đo $100\text{ K}\Omega$. Tùy thuộc vào cảm biến uốn và tham số kỹ thuật của nó, điện trở được tạo ra sẽ khác nhau và do đó, khi được mô tả hoặc cấu hình ở đây, sự thay đổi được dự tính đối với các thiết bị.

Các khái niệm bổ sung đòi hỏi sự hiểu biết về các vật liệu được sử dụng trong hỗ trợ và quản lý cơ sở hạ tầng. Bảng dưới đây nêu rõ sự khác biệt trong các vật liệu địa tổng hợp. Điều quan trọng cần lưu ý là các phương án ở đây không giới hạn đối với bất kỳ một loại vật liệu địa tổng hợp nào, như đã bộc lộ, các phương án có thể được tạo cấu hình, gắn hoặc điều chỉnh cho phù hợp với nhiều loại vật liệu, bao gồm cả chất nền, và/hoặc chính lớp đất ở dưới. Hơn nữa, sự kết hợp của các vật liệu có thể được sử dụng để thực hiện sáng chế ở đây, bao gồm các ví dụ về lớp lưới địa lý kích hoạt cảm biến với vải sợi kích hoạt cảm biến.

Địa tổng hợp	Vật liệu polyme	Kết cấu	Khu vực ứng dụng	Các chức năng chính
Sợi địa lý kỹ thuật (Geotextiles)	Polypropylene (PP), Polyester (PET), Polyethylene (PE), Polyamide (PA)	Các loại vải sợi mềm dẻo, dễ thấm	Tường chắn, mái dốc, kè, đường bộ, bãi chôn lấp, đập	Tách, gia cố, lọc, thoát nước, ngăn chặn

Lưới địa lý (Lưới địa lýs)	PP, PET, polyethylene mật độ cao (HDPE)	Sản phẩm phẳng dạng lưới được hình thành bởi các phần tử giao nhau	Đường bộ, balát đường ray, tường chắn, mái dốc, kè, cầu, mố	Gia cố, tách
Mạng địa lý (Geonets)	Polyetylen mật độ trung bình (MDPE), HDPE	Sản phẩm phẳng giống như ống tiêu với khẩu độ nhỏ	Đập, đường ống và công trình thoát nước	Thoát nước
Màng địa lý (Geomembranes)	PE, polyvinyl clorua (PVC), polyetylen clo hóa (CPE)	Tấm mỏng không thấm nước	Ao chứa, hồ chứa, và kênh đào	Rào cản/lớp lót chất lỏng
Địa hỗn hợp (Geocomposites)	Tùy thuộc vào địa tổng hợp được bao gồm	Sự kết hợp của sợi địa lý kỹ thuật và lưới địa lý/mạng địa lý, màng địa lý và lưới địa lý	Kè, đường bộ, mái dốc, bãi chôn lấp, đập	Tách, gia cố, lọc, thoát nước

Sợi địa lý kỹ thuật (Geotextiles) còn được gọi là sợi địa lý (geofabrics) là một khái niệm được nêu rõ trong bảng trên và sáng chế có thể được tạo cấu hình trong đó. Có ba cách để sản xuất sợi địa lý kỹ thuật; chúng được dệt kim, dệt thoi, và không dệt hoặc bất kỳ sự kết hợp nào của chúng. Sự khác biệt giữa dệt và không dệt là sợi địa lý kỹ thuật dệt được sản xuất bằng sự xen kẽ của sợi dọc và sợi ngang. Những sợi này có thể là dạng kéo thành sợi, nhiều sợi, dạng sợi, hoặc dạng màng có khe. Sợi địa lý kỹ thuật không dệt được sản xuất bằng cách lồng vào nhau cơ học hoặc liên kết nhiệt giữa các sợi/dây sợi. Sự liên kết cơ học đạt được thông qua việc dập kim.

Về chức năng của sợi địa lý kỹ thuật, chúng hoạt động trong một số chức năng riêng biệt và có những điểm tương đồng với lưới địa lý và địa tổng hợp (geosynthetic). Đầu tiên là sự phân tách, trong đó sợi địa lý kỹ thuật giúp phân tách các hạt và ngăn sự trộn lẫn các chất nền, và/hoặc đất bên dưới. Thứ hai là vấn đề đất hạt mịn đi vào khoảng trống của nền cốt liệu và cốt liệu đục vào đất hạt mịn. Vấn đề đầu tiên là mối quan tâm vì nó tránh thoát nước thỏa đáng và làm giảm đáng kể độ bền của lớp cốt liệu, điều này làm cho cơ sở hạ tầng bị hư hỏng/xói mòn. Vấn đề thứ hai là mối quan tâm vì nó làm giảm độ dày hiệu quả của lớp cốt liệu, điều này cũng làm tăng tốc độ hư hỏng của đường, và/hoặc tăng cường bảo trì cơ sở hạ tầng. Chức năng nổi bật thứ hai của sợi địa lý kỹ thuật là sự ổn định. Hiệu quả của việc ổn định sợi địa lý kỹ thuật là kết quả của hai yếu tố. Đầu tiên, cốt liệu được nén chặt bên trên sợi địa lý kỹ thuật và các viên đá riêng lẻ được định hình, đặt các dấu ấn trong lớp phụ và sợi địa lý kỹ thuật. Khi được tạo cấu hình, cốt liệu được cố định vào vị trí, giúp ổn định lớp cơ sở cốt liệu. Sự ổn định của đất nền do sợi địa lý kỹ thuật có thể thay đổi chế độ phá hủy của đất từ biến dạng cục bộ sang biến dạng tổng thể. Do sự thay đổi này về biến dạng, tải trọng bổ sung được cho phép trước khi độ bền của đất bị vượt qua mà điều này làm xuống cấp lớp cơ sở cốt liệu. Lợi ích thứ ba của sợi địa lý là việc gia cố. Lợi ích của việc gia cố phụ thuộc vào mức độ biến dạng cho phép trong hệ thống nhất định. Lọc, là một chức năng bổ sung, trong đó các khe hở được xác định trong sợi

địa lý kỹ thuật mà giữ các hạt đất cũng cho phép và chấp nhận chuyển động và dòng chảy của chất lỏng. Việc lọc ở khía cạnh này lọc đất ra ngoài, giữ nó ở đúng vị trí trong khi cho phép chất lỏng chảy qua và đi ra.

Lưới địa lý là địa kỹ thuật tổng hợp được hình thành với các khâu độ mở và cấu hình giống như lưới của các đường gân trực giao hoặc không trực giao. Lưới địa lý thường được định nghĩa là vật liệu địa tổng hợp bao gồm các bộ đường gân chịu kéo song song được kết nối với nhau với các khâu độ có kích thước đủ lớn để cho phép đất, đá xung quanh hoặc vật liệu địa kỹ thuật khác xuyên qua. Một số phương pháp hiện có để tạo lưới địa lý. Ví dụ, đùn và kéo các tấm bằng nhựa Polyethylene (PE) hoặc Polypropylene (PP) theo một hoặc hai hoặc thậm chí ba hoặc nhiều hướng, hoặc dệt và đan các đường gân Polyester (PET). Lưới địa lý được thiết kế chủ yếu để đáp ứng chức năng gia cố cho nhiều loại cơ sở hạ tầng, bao gồm đường bộ, đường ray, tòa nhà, xói mòn mặt đất, v.v., tuy nhiên, có thể áp dụng các lợi ích phụ trợ như tiết kiệm chi phí vật liệu và hơn thế nữa.

Về kết cấu của lưới địa lý, các đường gân của lưới địa lý được xác định là dọc hoặc ngang. Hướng song song với hướng mà lưới địa lý được chế tạo trên máy dệt cơ khí được gọi là hướng chiều dài cuộn, hướng máy (Machine Direction, MD), hoặc hướng dọc. Mặt khác, hướng vuông góc với máy dệt cơ khí và MD trong mặt phẳng của lưới địa lý, được gọi là hướng ngang (Transverse Direction, TD) hoặc hướng máy chéo. Nói cách khác, các đường gân dọc song song với hướng chế tạo (hay còn gọi là hướng máy); các đường gân ngang vuông góc với hướng máy. Một số tính chất cơ học của lưới địa lý như mô đun kéo và độ bền kéo phụ thuộc vào hướng mà lưới địa lý được kiểm tra. Trong lưới địa lý, giao điểm của đường gân dọc và đường gân ngang được gọi là đường giao nhau. Các đường nối có thể được tạo ra theo một số cách bao gồm dệt hoặc đan.

Về sản xuất lưới địa lý, lưới địa lý được sản xuất bằng cách hàn, đùn và hoặc dệt vật liệu với nhau. Lưới địa lý ép đùn được sản xuất từ tấm polyme được đục lỗ và vẽ theo một hoặc nhiều cách. Các loại khâu độ khác nhau được định hình dựa trên cách vẽ tấm polyme. Việc vẽ theo một, hai hoặc ba hoặc nhiều

hướng dẫn đến việc tạo ra các lưới địa lý đơn trục, hai trục, ba trục, và nhiều trục địa lý khác nhau. Sợi polypropylene (PP) hoặc polyester (PET) thường được sử dụng để sản xuất lưới địa lý dệt. Trong hầu hết các trường hợp, các sợi này được phủ để tăng khả năng chống mài mòn của lưới địa lý được sản xuất. Quy trình sản xuất lưới địa hàn bằng cách hàn các mối nối của các mảnh dệt polyme đùn. Lưới địa lý cũng được phân loại thành hai nhóm chính dựa trên độ cứng của chúng. Lưới địa lý được làm từ sợi polyethylene (PE) hoặc polypropylene (PP) thường cứng và rắn và chúng có độ bền uốn hơn 1.000 g-cm. Lưới địa lý linh hoạt, thường được làm từ sợi polyester (PET) bằng cách sử dụng quy trình dệt vải. Chúng thường có độ bền uốn nhỏ hơn 1.000 g-cm.

Trong khi sợi địa lý kỹ thuật có thể được sử dụng để phân tách, thoát nước và lọc, hoặc gia cố, thì sợi địa lý kỹ thuật chủ yếu được sử dụng cho các ứng dụng gia cố, và/hoặc ổn định. Lưới địa lý cũng có thể tạo ra sự giam giữ và phân tách một phần. Sự giam giữ được phát triển thông qua cơ chế lồng vào nhau giữa các hạt cốt liệu cơ sở và các lỗ mở lưới địa lý. Hiệu quả lồng vào nhau phụ thuộc vào sự phân bố hạt cốt liệu lớp cơ sở và kích thước và độ mở lưới địa lý. Để đạt được tương tác lồng vào nhau tốt nhất, tỷ lệ kích thước khẩu độ tối thiểu trên D50 phải lớn hơn ba. Hiệu quả của việc lồng vào nhau phụ thuộc vào độ cứng trong mặt phẳng của lưới địa lý và sự ổn định của các đường gân và điểm nối của lưới địa lý. Các cơ chế gia cố trong các phần cơ sở hạ tầng được gia cố cơ sở lưới địa lý bao gồm hạn chế bên (giam giữ), tăng khả năng chịu lực và hiệu ứng màng căng. Sự hạn chế bên của lớp cơ sở cốt liệu là cơ chế cơ bản cho cơ sở hạ tầng gia cố lưới địa lý. Ví dụ, tải trọng thẳng đứng tác dụng lên bề mặt của cơ sở hạ tầng sẽ gây ra chuyển động lan truyền theo chiều ngang của vật liệu cơ bản cốt liệu. Khi tải trọng được áp dụng trên bề mặt của cơ sở hạ tầng, các biến dạng bên chịu kéo được tạo ra trong lớp nền làm cho các cốt liệu di chuyển ra khỏi tải trọng. Gia cố lưới địa lý của các phần cơ sở hạ tầng hạn chế các chuyển động bên này, mà được gọi là hạn chế bên. Khi làm như vậy, gia cố lưới địa lý sẽ thay đổi “vị trí hư hỏng” từ lớp đất dưới yếu hơn sang lớp cốt liệu mạnh hơn.

Bây giờ thảo luận về một loạt các phương án. Theo một số phương án, phương pháp và hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến theo sáng chế sử dụng lưới địa lý kích hoạt cảm biến để cung cấp thông tin “bên dưới bề mặt”, và/hoặc dữ liệu về sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng đường ray trong đó thông tin “bên dưới bề mặt” có thể không đạt được bằng các phương tiện thông thường như kiểm tra bằng mắt. Hơn nữa, bên dưới thiết bị điều tra bề mặt như ra-đa xuyên đất, và các thiết bị khác yêu cầu thiết bị được vận chuyển đến hiện trường và được áp dụng theo từng trường hợp cũng như được trang bị và thiết kế để hoạt động với các hệ thống lắp đặt đường ray khác nhau.

Theo một số phương án, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến theo sáng chế để giám sát sức khỏe, và/hoặc điều kiện của cơ sở hạ tầng được trang bị lưới địa lý kích hoạt cảm biến, trong đó các cảm biến được gắn hoặc lắp đặt theo cách khác trên lưới địa lý, sợi địa lý hoặc kết cấu lưới địa lý khác. Theo các phương án khác, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp cung cấp lưới địa lý kích hoạt cảm biến theo sáng chế, trong đó các cảm biến được nhúng trực tiếp vào các thành phần kết cấu tạo thành lưới địa lý. Các cảm biến và hoặc các cụm hoặc kết cấu của cảm biến có thể được ép dùn với lưới địa lý, hoặc trong trường hợp bằng vải sợi, có thể được dệt hoặc tích hợp với kết cấu để bản thân lưới địa lý trở thành một cảm biến lớn. Trong các phương án khác, các cảm biến có thể được phân phối trong chính cơ sở hạ tầng và không được tạo cấu hình bằng lưới địa lý, nhưng được tạo cấu hình cho các thành phần cứng trong các kết cấu như thép cây, cốt liệu, v.v. Trong các phương án khác, cảm biến có thể được đặt theo cách chiến lược trong cơ sở hạ tầng, ví dụ, cảm biến độ ẩm có thể được đặt ở khu vực mà kết quả đo độ ẩm có thể được hiểu và thu thập tốt hơn.

Theo các khía cạnh khác, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến được bộc lộ, trong đó kết nối và mạng giữa các thiết bị biên và tính toán từ xa trong mạng IoT hỗ trợ cung cấp trạng thái, điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng, bao gồm các tòa nhà, đường bộ và đường ray. Các tính năng có lợi như vậy bao gồm, nhưng không giới hạn ở, (1) cung cấp phản tử cảm biến trực tiếp trong kết cấu

phụ bằng cách sử dụng một hoặc nhiều cảm biến của lưới địa lý kích hoạt cảm biến; (2) cung cấp khả năng đo và sử dụng độ uốn, và/hoặc biến dạng trên lưới địa lý và chuyển các tham số về hiệu suất của dầm (ví dụ, ứng suất, và/hoặc biến dạng trên các đường gân của lưới địa lý) thành thông tin về các điều kiện kết cấu phụ (ví dụ, hần lún); và (3) cung cấp khả năng phát hiện các điều kiện bên dưới bề mặt, chẳng hạn như nhiệt độ, độ ẩm, hần lún, và tương tự.

Trong các khía cạnh khác, nhiều cảm biến được trang bị trong chất nền, và/hoặc lớp đất nền bên dưới hoặc phần xung quanh của cơ sở hạ tầng. Trong các khía cạnh khác, nhiều loại cảm biến được trang bị cho sợi địa lý. Nhiều cảm biến, theo một phương án, được kết nối với hộp cảm biến. Theo một khía cạnh, hộp cảm biến là vỏ bọc bảo vệ cung cấp sự bảo vệ phần tử cho bộ vi điều khiển mà đọc dữ liệu được tạo ra từ nhiều cảm biến. Trong một phương án khác, chỉ một bộ cảm biến được đọc bởi bộ vi điều khiển, trong các phương án khác, bất kỳ sự kết hợp nào của nhiều bộ cảm biến có thể được kết nối và được trang bị để truyền tín hiệu đến bộ vi điều khiển gần vị trí cảm biến.

Theo một số khía cạnh, các bộ vi điều khiển điển hình có thể được sử dụng, hoặc trong các trường hợp khác, các thiết bị tính toán cho mục đích chung hoặc mục đích đặc biệt. Ở một khía cạnh nào đó, vi điều khiển được tạo cấu hình với bộ xử lý, bộ nhớ đệm, RAM, hệ thống lưu trữ khả biến hoặc không khả biến, và được trang bị bộ điều hợp mạng và giao diện I/O. Theo các phương án khác, bộ vi điều khiển có thể được tích hợp sẵn các cảm biến, và/hoặc một loạt các tính năng như bộ định thời, gia tốc kế, v.v. Bộ vi điều khiển có một số ưu điểm khác biệt: thứ nhất, chúng thường có yêu cầu điện năng thấp. Thứ hai, chúng dễ sử dụng, chắc chắn và đi kèm với các ứng dụng phổ biến. Thứ ba, chi phí tổng thể và thành phần thấp. Thứ tư, khả năng tương tác cao - một bộ tính năng tiêu chuẩn của RAM dữ liệu, ROM không khả biến và các cổng I/O cho phép truy cập vào nhiều thiết bị đầu vào. Những lợi ích bổ sung của bộ vi điều khiển và sự thích ứng của các bộ điều khiển đó với sáng chế ở đây sẽ được biết đến với những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này.

Theo một khía cạnh, hộp cảm biến được tạo cấu hình để truyền thông qua cáp dữ liệu với cổng giao tiếp. Cổng giao tiếp, theo khía cạnh trước là máy tính hoặc vi điều khiển đa năng được tạo cấu hình để nhận dữ liệu từ hộp cảm biến, trong đó cổng được trang bị để thực hiện hành động tính toán trên dữ liệu, và/hoặc để chuyển tiếp dữ liệu đã được đổi chiều hoặc tích lũy thông qua mạng truyền thông sang mạng máy tính. Ở khía cạnh trước, mạng viễn thông có thể là bất kỳ đường dẫn truyền thông nào như tiêu chuẩn truyền thông di động và nâng cao, bao gồm nhưng không giới hạn ở cạnh, 3G, 4G, 5G, LTE, truyền vệ tinh, tần số vô tuyến (RF), truyền vi ba và truyền sóng milimet. Hơn nữa, mạng viễn thông có thể bao gồm các khía cạnh không dây của WiFi, Mạng diện rộng, Bluetooth, Truyền thông trường gần (NFC) và các tiêu chuẩn khác nhau được liên kết với nó như WiFi 5, WiFi 6, WiFi 6e, Bluetooth 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 và các tiêu chuẩn khác sẽ thay đổi hoặc xuất hiện từ những nâng cao trong lĩnh vực này. Hơn nữa, truyền thông mạng cũng có thể bao gồm các kết nối có dây như cặp xoắn, đồng trục, sợi quang, hoặc cơ sở hạ tầng mạng, và/hoặc phổ tần khác sẽ được cung cấp ở đây. Ở một khía cạnh, cổng giao tiếp được trang bị Bluetooth và NFC cũng như WiFi và các tiêu chuẩn CDMA/GSM di động. Mạng truyền thông, như phổ biến trong các nền tảng IoT khác, thường sẽ di chuyển qua một loạt các bước hoặc giao diện trước khi đến mạng máy tính được trang bị để xử lý, và/hoặc cung cấp giao diện tương tác với dữ liệu.

Ở một khía cạnh, cổng truyền các lệnh có thể lập trình đến hộp cảm biến. Theo một khía cạnh khác, cổng nhận các lệnh có thể lập trình được từ mạng máy tính, thông qua mạng viễn thông, trong đó các lệnh này cung cấp các bản cập nhật và hoặc cấu hình cho cổng. Theo một khía cạnh, đường truyền thông từ hộp cảm biến đến cổng và đến mạng máy tính là hai chiều. Theo một khía cạnh khác, nó là một chiều từ khối cảm biến đến mạng máy tính. Trong một khía cạnh khác, chỉ các phần của mạng là hai chiều, ví dụ, cổng giao tiếp và mạng máy tính có thể truyền thông hai chiều trong khi cổng và hộp cảm biến ở cấu hình một chiều. Một số khía cạnh nhất định của hộp cảm biến có thể mang lại lợi ích đơn hướng và

đơn giản hóa phần cứng. Trong khi các khía cạnh khác, cổng kết nối có thể được tích hợp vào hộp cảm biến, trong đó hộp cảm biến thực hiện vai trò của cổng giao tiếp và hộp cảm biến.

Theo một khía cạnh, tín hiệu từ một hoặc nhiều bộ cảm biến được nhận bởi hộp cảm biến, trong đó hộp cảm biến truyền nó đến cổng và cổng gửi cảnh báo đến giao diện người dùng được tạo bởi mạng máy tính và/máy chủ đám mây hoặc ứng dụng. Ví dụ, máy đo biến dạng có thể chỉ ra rằng mức độ biến dạng đã tăng quá các tham số ngưỡng tại vị trí lưới địa lý cụ thể. Tín hiệu được xử lý trong cổng để xác định sự cố, trong đó cổng truyền dữ liệu liên quan đến vị trí của cảm biến bị ảnh hưởng, cùng với nhiều tính năng (nếu các cảm biến nhất định được trang bị) như nhiệt độ môi trường, độ ẩm, bất kỳ chuyển động hoặc gia tốc nào trong vùng lân cận xung quanh, tất cả đều sẽ hỗ trợ người điều tra nguyên lý, người sử dụng hoặc người vận hành trong hệ thống xác định các vấn đề hoặc vấn đề với sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng nhất định.

Trong các phương án bổ sung, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp theo sáng chế sử dụng lưới địa lý kích hoạt cảm biến để cung cấp thông tin “bên dưới bề mặt”, và/hoặc dữ liệu về sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng đường ray trong đó thông tin “bên dưới bề mặt” có thể không đạt được bằng các phương tiện thông thường như kiểm tra bằng mắt. Hơn nữa, bên dưới thiết bị điều tra bề mặt như ra-đa xuyên đất và các thiết bị khác yêu cầu thiết bị được vận chuyển đến hiện trường và được áp dụng theo từng trường hợp cũng như được trang bị và thiết kế để hoạt động với các hệ thống lắp đặt đường ray khác nhau.

Theo một số phương án, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến theo sáng chế để giám sát sức khỏe, và/hoặc điều kiện của cơ sở hạ tầng được trang bị lưới địa lý kích hoạt cảm biến, trong đó các cảm biến được gắn hoặc lắp đặt theo cách khác trên lưới địa lý, sợi địa lý hoặc kết cấu lưới địa lý khác. Theo các phương án khác, phương pháp và hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến theo sáng chế cung cấp lưới địa lý kích hoạt cảm biến, trong đó các cảm biến được nhúng trực tiếp

vào các thành phần kết cấu tạo thành lưới địa lý. Các cảm biến và hoặc các cụm hoặc kết cấu của cảm biến có thể được ép đùn với lưới địa lý, hoặc trong trường hợp bằng vải, có thể được dệt hoặc tích hợp với kết cấu để bản thân lưới địa lý trở thành một cảm biến lớn.

Trong các khía cạnh khác, nhiều cảm biến được trang bị trong lớp nền, và/hoặc lớp đất nền bên dưới hoặc phần xung quanh của cơ sở hạ tầng. Trong các khía cạnh khác, nhiều loại cảm biến được trang bị cho các sợi địa lý. Nhiều cảm biến, theo một phương án, được kết nối với hộp cảm biến. Theo một khía cạnh, hộp cảm biến là vỏ bọc bảo vệ cung cấp khả năng bảo vệ phần tử cho bộ vi điều khiển đọc dữ liệu được tạo ra từ nhiều cảm biến. Trong một phương án khác, chỉ một bộ cảm biến được đọc bởi bộ vi điều khiển, trong các phương án khác, bất kỳ sự kết hợp nào của nhiều bộ cảm biến có thể được truyền thông và được trang bị để truyền tín hiệu đến bộ vi điều khiển gần vị trí cảm biến.

Các bộ vi điều khiển điển hình có thể được sử dụng, hoặc trong các trường hợp khác, các thiết bị tính toán cho mục đích chung hoặc mục đích đặc biệt. Ở một khía cạnh nào đó, vi điều khiển được tạo cấu hình với bộ xử lý, bộ nhớ đệm, RAM, hệ thống lưu trữ khả biến hoặc không khả biến, và được trang bị bộ điều hợp mạng và giao diện I/O. Theo các phương án khác, bộ vi điều khiển có thể được tích hợp sẵn các cảm biến, và/hoặc một loạt các tính năng như bộ định thời, gia tốc kế, v.v. Bộ vi điều khiển có một số ưu điểm khác biệt: thứ nhất, chúng thường có yêu cầu điện năng thấp. Thứ hai, chúng dễ sử dụng, chắc chắn và đi kèm với các ứng dụng phổ biến. Thứ ba, chi phí tổng thể và thành phần thấp. Thứ tư, khả năng tương tác cao - một bộ tính năng tiêu chuẩn của RAM dữ liệu, ROM không khả biến và các cổng I/O cho phép truy cập vào nhiều thiết bị đầu vào. Những lợi ích bổ sung của bộ vi điều khiển và sự thích ứng của các bộ điều khiển đó với sáng chế ở đây sẽ được biết đến với những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này.

Theo một khía cạnh, hộp cảm biến được tạo cấu hình để truyền thông qua cáp dữ liệu với cổng giao tiếp. Cổng giao tiếp, theo khía cạnh trước là máy tính

hoặc vi điều khiển đa năng được tạo cấu hình để nhận dữ liệu từ hộp cảm biến, trong đó cổng được trang bị để thực hiện hành động tính toán trên dữ liệu, và/hoặc để chuyển tiếp dữ liệu đã được đổi chiều hoặc tích lũy thông qua mạng truyền thông sang mạng máy tính. Ở khía cạnh trước, mạng viễn thông có thể là bất kỳ đường dẫn truyền thông nào như tiêu chuẩn truyền thông di động và nâng cao, bao gồm nhưng không giới hạn ở cạnh, 3G, 4G, 5G, LTE, truyền vệ tinh, tần số vô tuyến (RF), truyền vi ba và truyền sóng milimet. Hơn nữa, mạng viễn thông có thể bao gồm các khía cạnh không dây của WiFi, Mạng diện rộng, Bluetooth, Truyền thông trường gần (NFC) và các tiêu chuẩn khác nhau được liên kết với nó như WiFi 5, WiFi 6, WiFi 6e, Bluetooth 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 và các tiêu chuẩn khác sẽ thay đổi hoặc xuất hiện từ những nâng cao trong lĩnh vực này. Hơn nữa, truyền thông mạng cũng có thể bao gồm các kết nối có dây như cặp xoắn, đồng trục, sợi quang, hoặc cơ sở hạ tầng mạng, và/hoặc phổ tần khác sẽ được cung cấp ở đây. Ở một khía cạnh, cổng được trang bị Bluetooth và NFC cũng như WiFi và các tiêu chuẩn CDMA/GSM di động. Mạng truyền thông, như phổ biến trong các nền tảng IoT khác, thường sẽ di chuyển qua một loạt các bước hoặc giao diện trước khi đến mạng máy tính được trang bị để xử lý, và/hoặc cung cấp giao diện tương tác với dữ liệu.

Ở một khía cạnh, cổng truyền các lệnh có thể lập trình đến hộp cảm biến. Theo một khía cạnh khác, cổng nhận các lệnh có thể lập trình được từ mạng máy tính, thông qua mạng viễn thông, trong đó các lệnh này cung cấp các bản cập nhật và hoặc cấu hình cho cổng. Theo một khía cạnh, đường truyền thông từ hộp cảm biến đến cổng và đến mạng máy tính là hai chiều. Theo một khía cạnh khác, nó là một chiều từ khối cảm biến đến mạng máy tính. Trong một khía cạnh khác, chỉ các phần của mạng là hai chiều, ví dụ, cổng giao tiếp và mạng máy tính có thể truyền thông hai chiều trong khi cổng và hộp cảm biến ở cấu hình một chiều. Một số khía cạnh nhất định của hộp cảm biến có thể có lợi cho đường truyền thông tin một chiều cùng với việc đơn giản hóa phần cứng. Trong khi các khía cạnh khác, cổng kết nối có thể được tích hợp vào hộp cảm biến, trong đó hộp cảm biến thực

hiện vai trò của công giao tiếp và hộp cảm biến. Hoặc theo các khía cạnh khác, hộp cảm biến được gộp chung vào công.

Theo một khía cạnh , tín hiệu từ một hoặc nhiều bộ cảm biến được nhận bởi hộp cảm biến, trong đó hộp cảm biến truyền nó đến công và công gửi cảnh báo đến giao diện người dùng được tạo bởi mạng máy tính và/máy chủ đám mây hoặc ứng dụng. Ví dụ, máy đo biến dạng có thể chỉ ra rằng mức độ biến dạng đã tăng các tham số ngưỡng trong quá khứ tại vị trí lưới địa lý cụ thể. Tín hiệu được xử lý trong công để xác định sự cố, trong đó công truyền dữ liệu liên quan đến vị trí của cảm biến bị ảnh hưởng, cùng với nhiều tính năng (nếu các cảm biến nhất định được trang bị) như nhiệt độ môi trường, độ ẩm, bất kỳ chuyển động hoặc gia tốc nào trong vùng lân cận xung quanh, tất cả đều sẽ hỗ trợ người điều tra nguyên lý, người sử dụng hoặc người vận hành trong hệ thống xác định các vấn đề hoặc vấn đề với sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng nhất định.

Theo một số phương án, đối tượng theo sáng chế cung cấp hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng đường ray. Hiện tại, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến bao gồm lưới địa lý kích hoạt cảm biến và các phương tiện truyền thông hoặc mạng lưới để thu thập thông tin, và/hoặc dữ liệu về sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng đường ray. Trong các phương án bổ sung, lưới địa lý kích hoạt cảm biến là lưới địa lý kích hoạt cảm biến hoặc hỗn hợp khác được sử dụng trong việc xây dựng hoặc triển khai thường được sử dụng trong lớp nền, và/hoặc lớp đất bên dưới. Lớp kích hoạt cảm biến truyền thông với hộp cảm biến, trong đó hộp cảm biến được tạo cấu hình với bộ vi điều khiển có khả năng chuyển đổi tín hiệu tương tự từ cảm biến, và/hoặc biên dịch tín hiệu kỹ thuật số từ cảm biến thành dữ liệu có thể truyền. Theo các phương án như vậy, hộp cảm biến có thể truyền thông với thiết bị công, trong đó thiết bị công được trang bị để xử lý tín hiệu, và/hoặc truyền tín hiệu qua mạng truyền thông tới môi trường máy tính trong đó người dùng có thể truy cập công hoặc ứng dụng web để kiểm tra dữ liệu cảm biến.

Theo các phương án khác, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp theo sáng chế bao gồm lưới địa lý làm “vật mang” cảm biến có thể được sử dụng để giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng đường ray. Trong các phương án tương tự, lưới địa lý kích hoạt cảm biến có thể là lưới địa lý nhiều trục trong các cấu hình như hai trục, ba trục hoặc lục giác, với một số ít tên gọi. Theo các phương án khác, vật mang cảm biến có thể là sợi địa lý hoặc chất nền khác, và/hoặc vật liệu giữ đất bên dưới.

Theo một số phương án, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp theo sáng chế cung cấp thông tin, và/hoặc dữ liệu về sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng đường ray có thể hữu ích trong nhiều ứng dụng, chẳng hạn như, nhưng không giới hạn ở, bảo trì dựa trên điều kiện, tối ưu hóa chi phí vòng đời, ước tính tuổi thọ còn lại và lập kế hoạch vốn. Hơn nữa, theo các phương án như vậy, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến và phương pháp cung cấp thuật toán dự đoán thông qua đầu vào thu được từ cảm biến và các tham số được áp dụng tại hộp cảm biến, cổng giao tiếp, và/hoặc tại mạng máy tính. Trong ví dụ này, thuật toán dự đoán có thể được sử dụng để tạo hệ thống cảnh báo sớm hoặc hệ thống xác định các vấn đề tiềm ẩn về sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng đường ray.

Bây giờ, chuyển sang FIG.1, sơ đồ khối của ví dụ về hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến 100 theo sáng chế để giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng. Trong ví dụ này, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến 100 được xây dựng, ví dụ, sử dụng nền tảng Internet of Things (IoT) cung cấp kết nối cũng như các công cụ phân tích. Nền tảng IoT là công nghệ đa lớp cho phép cung cấp, quản lý và tự động hóa dễ dàng các thiết bị được kết nối trong vũ trụ IoT. Nền tảng IoT có thể được sử dụng để kết nối các thiết bị/hệ thống phân cứng với đám mây bằng cách sử dụng các tùy chọn kết nối linh hoạt, cơ chế bảo mật cấp doanh nghiệp và khả năng xử lý dữ liệu rộng rãi.

Ví dụ, một hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến 100 có thể bao gồm ít nhất một lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120 được lắp đặt, ví dụ, trong lớp nền.

Lớp nền còn được gọi là lớp đất bên dưới. Tùy thuộc vào ứng dụng, các lớp nền của cơ sở hạ tầng bao gồm các thuật ngữ và lớp khác nhau. Ví dụ, trong cơ sở hạ tầng đường bộ, nền hoặc các lớp có thể bao gồm bất kỳ thành phần nào sau đây theo thứ tự từ gần nhất đến bề mặt trở xuống - lớp bề mặt, lớp chất kết dính, lớp nền, lớp nền dưới, lớp nền nén chặt và lớp nền tự nhiên. Trong ví dụ này, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120 được lắp đặt dưới lòng đất đối với cơ sở hạ tầng đường hoặc đường bộ. Nghĩa là, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120 được lắp đặt ngầm bên dưới bề mặt đất (110) (ví dụ, mặt đường) và bên dưới bất kỳ loại lớp phụ nào 112 (ví dụ, đất, cốt liệu, lớp bề mặt, lớp nền, lớp nền dưới, balát, balát phụ, lớp bên dưới).

Lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120 bao gồm lưới địa lý (122) tổ chức sắp xếp một hoặc nhiều cảm biến 124. Lưới địa lý (122), trong phương án ví dụ này là lưới địa lý hoặc lưới địa lý đóng vai trò là "vật mang" cảm biến có thể được sử dụng để giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng. Trong một ví dụ, lưới địa lý (122) là Lưới địa lý TriAx® có sẵn từ Tensar International Corporation (Alpharetta, GA) và được mô tả liên quan đến Bằng sáng chế Hoa Kỳ 7,001,112, có tên "Lưới địa lý hoặc kết cấu lưới", được cấp vào ngày 21 tháng 2 năm 2006. Trong một ví dụ khác lưới địa lý hai trục được sử dụng làm vật mang cảm biến. Trong các khía cạnh khác, lưới địa lý hình lục giác được sử dụng làm vật mang cảm biến. Trong các khía cạnh khác, các sợi địa lý được nhúng với các cảm biến và tạo thành vật mang cảm biến.

Trong ví dụ của FIG.1, các cảm biến khác nhau 124 được gắn vào lưới địa lý (122) về cơ bản hiển thị "điểm hợp nhất cảm biến" của lưới địa lý (122). Số lượng, vị trí, và/hoặc loại cảm biến 124 có thể thay đổi tùy theo ứng dụng sử dụng. Ví dụ về các loại cảm biến 124 bao gồm, nhưng không giới hạn ở, cảm biến nhiệt độ, cảm biến độ ẩm, cảm biến độ ẩm, cảm biến lực, cảm biến uốn, máy đo biến dạng, gia tốc kế, máy đo độ nghiêng, đơn vị đo lường quán tính (IMU), thiết bị sonar, thiết bị chụp ảnh, thiết bị thu âm thanh, cũng như các loại cảm biến khác cho các ứng dụng cụ thể.

Để thu thập thông tin, và/hoặc dữ liệu từ một hoặc nhiều cảm biến 124 của lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120, hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến 100 có thể bao gồm một hoặc nhiều nút thu 130, còn được gọi là cổng hoặc cổng nút. Cổng nhận thông tin từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120 thông qua đường dữ liệu hoặc từ cụm truyền thông không dây được tạo cấu hình cho (các) cảm biến 124. Trong phương án ví dụ, hộp cảm biến 105 được tạo cấu hình để chứa bộ vi điều khiển, trong đó bộ vi điều khiển được tạo cấu hình để nhận tín hiệu từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120.

Theo một số khía cạnh, hộp cảm biến 105 tạo thành một phần không thể tách rời của nền tảng IoT bằng cách mang sức mạnh tính toán đến các cạnh của hệ thống, bảo vệ các công cụ tính toán, bảo vệ môi trường, cung cấp nguồn điện, cung cấp lắp ráp truyền thông và nhiều tính năng khác theo ý muốn được mô tả ở đây. Theo các khía cạnh khác, hộp cảm biến 105 được tích hợp hoàn toàn vào cổng giao tiếp 130 còn được gọi là nút thu cổng. Trong ví dụ như vậy, cổng được kết nối thông qua cáp dữ liệu, vật lý hoặc thông qua bộ điều hợp truyền thông được gắn với lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120 để nhận tín hiệu và thông tin từ lưới địa lý (122).

Trong ví dụ của FIG.1, cổng giao tiếp 130 xử lý và truyền tín hiệu và thông tin từ các cảm biến 124 qua một hoặc nhiều nút truyền thông 132, dọc theo một hoặc nhiều hệ thống mạng máy tính 134 và tới người dùng thông qua một hoặc nhiều giao diện frontend 136. Cổng giao tiếp 130 được thiết lập dọc theo lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120, thường được gắn vào cơ sở hạ tầng như cột điện, cột điện thoại, cột điện, tháp, tòa nhà, hộp điện hoặc cơ sở hạ tầng khác có khả năng giữ cổng được trang bị bộ thu không dây hoặc có dây và bộ điều hợp viễn thông, và bộ điều hợp đó cũng có khả năng được tạo cấu hình cho nhiều lưới địa lý kích hoạt cảm biến.

Cổng giao tiếp 130 có thể nhận thông tin truyền thông từ (các) cảm biến 124, từ hộp cảm biến 105 hoặc từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120. Các kết cấu phân biệt có thể được nhóm lại với nhau, sao cho (các) cảm biến 124 được tạo cấu

hình với lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120 và được nối dây trực tiếp đến hộp cảm biến 105, trong đó hộp cảm biến 105 được nối với cửa ngõ 130. Theo các khía cạnh khác, chúng có thể không được nhóm lại và mỗi bộ phận tạo thành bộ phận tách rời riêng biệt, ví dụ, các cảm biến có thể được nối dây với cổng, trong đó cổng giao tiếp 130 thực hiện các chức năng của hộp cảm biến 105. Trong các ví dụ khác, cổng giao tiếp 130 có thể là, ví dụ, các nút mạng con cục bộ trong truyền thông trực tiếp với một hoặc nhiều cảm biến 124 của lưới địa lý kích hoạt cảm biến 120.

Ví dụ, các nút truyền thông, còn được gọi là mạng truyền thông 132, có thể là các liên kết trung gian giữa các mạng con cục bộ (ví dụ, cổng giao tiếp 130) và mạng lõi, sau đó được kết nối với hệ thống máy tính 134. Ví dụ, giao diện frontend 136 hoặc giao diện người dùng có thể là bất kỳ giao diện người dùng nào của bất kỳ thiết bị người dùng nào. Ví dụ, thiết bị của người dùng có thể là bất kỳ thiết bị máy tính nào (ví dụ, máy chủ, máy tính để bàn, máy tính xách tay, thiết bị máy tính bảng, điện thoại thông minh, đồng hồ thông minh, thiết bị máy tính đám mây, v.v.). Hơn nữa, các thiết bị người dùng ở đây được kích hoạt để xem, và/hoặc hiển thị nền tảng phần mềm có khả năng mô tả điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng.

Thông tin truyền thông trong hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến 100 có thể bằng bất kỳ phương tiện truyền thông có dây, và/hoặc không dây nào để hình thành mạng mà thông tin có thể được trao đổi với các thiết bị khác được kết nối với mạng. Thông tin, và/hoặc dữ liệu được thu thập, và/hoặc trao đổi qua hệ thống lưới địa lý kích hoạt cảm biến 100 có thể là bất kỳ thông tin, và/hoặc dữ liệu nào từ một hoặc nhiều cảm biến 124 có thể hữu ích cho việc giám sát, và/hoặc xác định sức khỏe, điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng, chẳng hạn như kết cấu phụ 112 dưới lòng đường hoặc đường bộ như thể hiện trong FIG.1.

FIG.2 minh họa ví dụ về cơ sở hạ tầng lưới địa lý kích hoạt cảm biến để giám sát sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng. Trong ví dụ này, thông tin, và/hoặc dữ liệu từ một hoặc nhiều cảm biến 202 của lưới địa lý

kích hoạt cảm biến 210 có thể cung cấp khả năng thu thập và kết nối dữ liệu cạnh 205, sau đó cung cấp mạng truyền thông 240, sau đó cung cấp mạng máy tính 250 được tạo cấu hình thành Giao diện người dùng và API dữ liệu. Sau đó, mạng máy tính 250 cung cấp phân tích và thông tin chi tiết, cũng như các ứng dụng cụ thể về cơ sở hạ tầng nhất định (ví dụ, đường ray, đường bộ, đê).

Trong ví dụ này, hộp cảm biến 220 là thiết bị thu thập và kết nối dữ liệu cạnh 205 có thể được đặt bên cạnh hoặc được tạo cấu hình trên lưới địa lý kích hoạt cảm biến 210. Hộp cảm biến được tạo cấu hình với bộ vi điều khiển 224, trong đó bộ vi điều khiển được trang bị giao diện đầu ra đầu vào (I/O) để tạo cấu hình với nhiều cảm biến, bao gồm nhưng không giới hạn ở máy đo biến dạng, cảm biến uốn, cảm biến độ ẩm, gia tốc kế và nhiệt độ cảm biến. Tùy thuộc vào việc áp dụng sáng chế ở đây, các cảm biến cụ thể sẽ được sử dụng và những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ biết được ứng dụng thích hợp cho cảm biến nhất định. Ví dụ, cảm biến nhiệt độ có thể sẽ không xuất hiện trong các ứng dụng có khí hậu được kiểm soát chẳng hạn như bên dưới cơ sở hạ tầng xây dựng trong điều kiện khí hậu tương đối yên tĩnh. Ngoài ra, có thể không sử dụng đồng hồ đo độ uốn khi máy đo biến dạng đủ cho chi phí vật liệu và hiệu quả của thang đo. Việc lắp đặt thiết bị cảm biến cụ thể có liên quan nhiều đến ứng dụng nhất định hay không, một vài ví dụ như vậy được mô tả chi tiết hơn, nhưng bất kỳ tổ hợp cảm biến nào được bộc lộ ở đây đều có thể được sử dụng để thực hiện nhiệm vụ thu thập thông tin từ lưới địa lý.

Bộ vi điều khiển 224 được đặt bên trong hộp cảm biến 220 còn được tạo cấu hình để cấp nguồn và bộ điều hợp truyền thông 222. Trong ví dụ, nguồn điện là pin, theo các phương án khác, pin có thể được kết nối với cơ sở hạ tầng năng lượng mặt trời để cung cấp nguồn sạc hoặc kết nối với lưới điện theo cách khác. Bộ điều hợp truyền thông 222 có thể là một phần của bộ vi điều khiển hoặc mô-đun giao diện, hơn nữa, với quy mô và sự phát triển của hệ thống, nhiều loại bộ điều hợp truyền thông có thể được tạo cấu hình để phù hợp với nhu cầu của hệ

thông. Bộ điều hợp truyền thông 222 ở chân cảm biến 220 có thể được nối dây cứng với bộ điều hợp truyền thông 232 ở nút công hoặc bộ thu công 230.

Theo các khía cạnh khác, bộ vi điều khiển 224 trên hộp cảm biến 220 cấu hình với bộ điều hợp truyền thông 222 để truyền các tín hiệu nhận được từ nhiều cảm biến 202 trên lưới địa lý kích hoạt cảm biến 210. Bộ vi điều khiển hộp cảm biến 224 truyền các tín hiệu đã nhận đến công 230, trong đó bộ điều hợp truyền thông công 232 nhận tín hiệu và bắt đầu quy trình xử lý trên vi điều khiển công 234 sử dụng công cụ xử lý cơ sở hạ tầng. Một khía cạnh của công cụ xử lý cơ sở hạ tầng sử dụng tập hợp các tham số, ví dụ, công cụ xử lý thu được phép đo biến dạng cơ sở và tạo cấu hình lượng biến dạng tối đa bằng lượng độ bền kéo của lưới địa lý cụ thể. Về mặt này, bộ máy xử lý máy đo biến dạng có thể gửi cảnh báo đến mạng máy tính 250 thông qua mạng truyền thông 240 để người dùng ở giao diện người dùng cuối sẽ được hiển thị các động tĩnh và có thể cảnh báo nhân viên đến vị trí cảm biến để sửa chữa. Theo các khía cạnh khác, bộ xử lý cơ sở hạ tầng có thể thực thi trên bộ vi điều khiển, trong đó vòng phản hồi được tạo ra để lọc các tín hiệu đến. Vòng phản hồi có thể lấy các tín hiệu trước đó và hủy bỏ các tín hiệu để các điểm bất thường đã được đăng ký được ghi lại và gửi đến mạng máy tính để xử lý hoặc thông báo thêm. Thông thường, giao diện người dùng được trình bày thông qua ứng dụng chạy trên mạng máy tính như Amazon Web Services™, Google Cloud Services™ hoặc Microsoft Azure Cloud Services™, có rất ít. Trong ví dụ về mạng máy tính bao gồm Microsoft Azure Services™, máy chủ nhận thông tin từ công 230 hoặc trong một số trường hợp là hộp cảm biến 220 thông qua mạng truyền thông 240, trong đó các dịch vụ web chạy mô-đun ứng dụng và có thể cũng thực hiện công cụ cơ sở hạ tầng hoặc công cụ khác như công cụ cảnh báo hoặc công cụ sức khỏe, và/hoặc điều kiện. Trong một ví dụ khác, công nhận tín hiệu liên quan đến độ ẩm, trong đó công cụ xử lý cơ sở hạ tầng được tạo cấu hình với thuật toán đa tham số, ví dụ, độ ẩm trung bình trong khoảng thời gian được điều chỉnh theo mùa có thể được sử dụng cùng với nhiệt độ và độ căng để chỉ ra khu vực cần được khảo sát về xói mòn hoặc rửa trôi lớp nền. Những ví

dụ này chỉ là một vài trong số các thuật toán có khả năng đánh giá điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng bằng cách sử dụng lưới địa lý kích hoạt cảm biến.

FIG.3 là minh họa cho ví dụ về lưới địa lý kích hoạt cảm biến 300 bao gồm lưới địa lý 310 giữ cách bố trí của cảm biến độ ẩm 340 máy đo biến dạng 342 và cảm biến nhiệt độ 344. Trong ví dụ này, các cảm biến được gắn hoặc lắp đặt theo cách khác trên lưới hoặc kết cấu bề mặt của lưới địa lý 310. Tuy nhiên, lưới địa lý 310 là lưới địa lý ba trục, theo các phương án khác, lưới địa lý hai trục, hoặc lưới địa hình lục giác, hoặc lưới địa tổng hợp hoặc sợi địa lý có thể được sử dụng để giữ các cảm biến trên bề mặt. Đối với sợi địa lý, các thành phần cứng có thể được thêm vào mà trên đó có thể gắn máy đo biến dạng hoặc cảm biến uốn để phát triển các kết quả đọc chính xác hơn.

Trong ví dụ của FIG.3, hộp cảm biến 320 được nối trực tiếp với một hoặc nhiều cảm biến và hộp cảm biến 320 cung cấp nguồn điện cho một hoặc nhiều cảm biến. Hơn nữa, nguồn điện và truyền dữ liệu thường đi trong cùng một dây cáp hoặc đường dây đến một hoặc nhiều cảm biến, thường thì một hoặc nhiều cảm biến được vận hành bằng cách phát hiện sự thay đổi điện áp trên cảm biến. Ví dụ, trong máy đo biến dạng 342, máy đo biến dạng bao gồm dây dẫn điện, miếng hàn, lá điện trở và lớp nền của máy đo. Trong đó máy đo biến dạng đo những thay đổi, thường là rất nhỏ, về điện trở có liên quan đến biến dạng của máy đo. Trong ví dụ, nhiều máy đo biến dạng có thể được sử dụng trong mạch cầu phân chia để đo sự thay đổi của điện trở. Đây thường được gọi là cấu hình cầu Wheatstone, trong đó điện áp kích thích được áp dụng trên toàn mạch và điện áp đầu ra được đo trên hai điểm ở giữa cầu. Khi không có tải tác động lên cầu, nó được coi là cân bằng, và không có điện áp đầu ra. Bất kỳ thay đổi nhỏ nào về vật liệu dưới máy đo biến dạng 342 đều dẫn đến sự thay đổi về điện trở khi vật liệu của máy đo biến dạng. Vì sự thay đổi điện trở thường nhỏ, nên có thể thêm bộ khuếch đại để tăng cường sự thay đổi tín hiệu. Tuy nhiên, việc khuếch đại như vậy có thể làm tăng nhiễu, trong đó bộ vi điều khiển trên bo mạch của chân cảm biến 320 có thể được tạo

cấu hình để lọc ra, hoặc trong đó mạng máy tính có thể áp dụng thuật toán để xử lý nhiều tín hiệu đúng cách.

Trong một ví dụ khác (không được hiển thị), một hoặc nhiều cảm biến được lắp đặt có thể được nhúng trực tiếp vào các thành phần kết cấu tạo thành lưới địa lý 310. Trong ví dụ này, của các cảm biến được tích hợp đầy đủ, bản thân lưới địa lý được ép đùn với các cảm biến cần thiết, trong khi trong ví dụ hoặc phương án khác, các cảm biến được dính vào bề mặt thông qua kết dính vật lý, chẳng hạn như kẹp, hoặc kết dính hóa học như keo epoxy hoặc keo. Hơn nữa, nguồn điện được cung cấp cho lưới địa lý kích hoạt cảm biến 300 bằng nhiều phương pháp khác nhau bao gồm, nhưng không giới hạn ở: (1) đi dây từ nguồn điện sẽ được đặt từ xa với lưới điện (ví dụ, có thể nằm trong thiết bị cạnh); 2) hệ thống pin (có thể dành cho các ứng dụng có tuổi thọ hạn chế (tức là vài năm) có thể được nhúng hoặc đặt vào hộp cảm biến 320 hoặc được tạo cấu hình cùng với phương pháp địa lý kích hoạt cảm biến 300; hoặc 3) để tạo ra năng lượng từ các dao công cụ học (ví dụ, hệ thống kiểu áp điện); hoặc 4) nguồn điện như mảng năng lượng mặt trời được cấp trực tiếp vào pin được đặt bên trong hộp cảm biến 320 hoặc cùng với lưới địa lý kích hoạt cảm biến 300.

Lưới địa lý kích hoạt cảm biến 300 không bị giới hạn trong việc sử dụng lưới địa lý 310 để giữ các cảm biến. Theo các phương án khác, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 300 có thể bao gồm bất kỳ loại lưới địa tổng hợp nào, và/hoặc sợi địa lý để giữ cảm biến. Hơn nữa, trong các phương án khác, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 300 có thể đóng vai trò hỗ trợ vì các cảm biến khác nhau được đặt trong các lớp cơ sở hạ tầng.

FIG.4A minh họa ví dụ về hộp cảm biến được tạo cấu hình trên lưới địa lý, trong đó vỏ trên cùng của hộp cảm biến được tháo ra để hiển thị bộ vi điều khiển bên trong. Hình ảnh bổ sung về các thành phần bên trong của hộp cảm biến có thể được nhìn thấy trong FIG.6. Trong ví dụ của FIG.4A, hộp cảm biến chứa bộ vi điều khiển và nhiều dây dẫn để chấp nhận kết nối và truyền thông với một hoặc nhiều cảm biến. Hơn nữa, ở khía cạnh này, chúng ta có thể thấy hộp cảm biến

được tích hợp hoàn toàn với lưới địa lý vì nó được cố định tại vị trí và gắn vào bề mặt của lưới địa lý. Theo các khía cạnh khác, hộp cảm biến có thể được đặt dọc theo lưới địa lý, hoặc ở các khía cạnh khác, hộp cảm biến có thể được đặt trong vỏ bọc bên ngoài chạy dọc theo lưới địa lý. Ở khía cạnh từ xa như vậy, hộp cảm biến cũng có thể tiếp nhận các thuộc tính được bọc lộ của nút cổng giao tiếp hoặc bộ thu cổng, trong đó hộp cảm biến được kích hoạt với truyền thông mạng hoặc di động để truyền thông tin, và/hoặc tín hiệu từ một hoặc nhiều cảm biến.

FIG.4B minh họa ví dụ về hộp cảm biến được tạo cấu hình trên lưới địa lý, trong đó hộp cảm biến được bọc lại hoàn toàn trong vỏ ngoài. Vỏ ngoài thường được làm bằng kim loại hoặc composite có giá thành rẻ và đủ bền để chống chịu với các tác nhân môi trường. Trong phương án ví dụ này, hộp cảm biến được tích hợp hoàn toàn vào lưới địa lý, theo cách đó, hộp cảm biến có thể được lắp ráp ngoại vi và được đặt vào cơ sở hạ tầng theo kiểu điển hình bằng cách cuộn lưới địa lý vào đúng vị trí. Trong các phương án khác, hộp cảm biến được lắp đặt tại hiện trường khi lưới địa lý được đặt vào cơ sở hạ tầng. Ở khía cạnh này, hộp cảm biến được tạo cấu hình với các chốt để giữ vào bề mặt bên ngoài của lưới địa lý. Theo các khía cạnh khác, hộp cảm biến có thể được đặt dọc theo lưới địa lý hoặc không được gắn chặt tại chỗ. Theo khía cạnh này, các dây dẫn có thể dài hơn hoặc được cuộn lại hoặc làm bằng vật liệu cho phép lắng xuống hoặc chuyển động nhẹ mà không bị tách khỏi hộp cảm biến.

FIG.5 minh họa ví dụ về sợi địa lý kích hoạt cảm biến 500. Trong đó nhiều cảm biến 510 được tạo cấu hình với sợi địa lý. Như đã thảo luận trước đó, sợi địa lý được dệt hoặc dệt kim, hoặc kết hợp cả hai. Trong ví dụ này, các cảm biến được tích hợp vào vải, bằng cách dán cảm biến vào vải bằng chất kết dính. Theo các phương án khác, cảm biến có thể được tích hợp vào vải bằng cách đan hoặc dệt cảm biến. Trong các phương án khác, bản thân vải có thể là cảm biến với thiết bị đo đặc để cảm nhận được nhúng trong sợi địa lý. Trong ví dụ hiện tại của FIG.5, tám sợi địa lý 500 có kích hoạt cảm biến có thể được tạo cấu hình với các khung đường gân hoặc các dụng cụ khác để gắn máy đo biến dạng hoặc cảm biến uốn.

Theo các phương án khác, độ dày của sợi địa lý có thể được tăng lên để cho phép thực hiện các phép đo bằng cách sử dụng các cảm biến và đồng hồ đo khác nhau.

chuyển sang FIG.6. ví dụ về hộp cảm biến 600 được minh họa khi đã tháo nắp bảo vệ trên cùng. Có thể nhìn thấy là bảng mạch in (PCB) 610 cùng với các bộ vi điều khiển 620 khác nhau đóng vai trò là bộ vi điều khiển thu thập tín hiệu cho các cảm biến khác nhau. Trong ví dụ này, các cực đầu vào của cảm biến nhiệt độ 612 được đặt ở phía trên bên trái của sơ đồ và đóng vai trò là đầu vào cho cảm biến nhiệt độ. Các cực dẫn độ ẩm 614 và các cực dẫn cảm biến uốn 616, cũng như các cực dẫn đo biến dạng 618 cũng có thể nhìn thấy trong phương án ví dụ. Trong các ví dụ khác, chỉ một cảm biến có thể khả dụng, trong những trường hợp khác thì có một hoặc nhiều cảm biến và xa hơn nữa, các cảm biến được tạo cấu hình theo cấu hình đặc biệt cho ứng dụng. Ví dụ, máy đo độ ẩm và biến dạng có thể có sẵn ở một khía cạnh, còn độ ẩm và nhiệt độ ở khía cạnh khác.

Như đã thảo luận trước, các cảm biến và đồng hồ đo khác nhau hoạt động để cung cấp thông tin hoặc dữ liệu cảm quan trong đó bộ vi điều khiển 620 xử lý và truyền qua bộ điều hợp truyền thông, thông qua giao thức có dây hoặc không dây tới nút cổng hoặc bộ thu, trong đó thông tin sau đó được truyền qua mạng truyền thông vào mạng máy tính nơi người dùng cuối có quyền truy cập vào giao diện người dùng để xem thông tin trong thời gian thực từ các cảm biến. Thông thường mạng máy tính bao gồm nền tảng dịch vụ web như đã được bộc lộ trước. Đọc theo các bước khác nhau trong ví dụ này, các thuật toán khác nhau có thể được áp dụng cho kết cấu, bộ lọc, sắp xếp, cảnh báo, chuẩn bị, đóng gói hoặc chuyển đổi thông tin nhận được từ nhiều tín hiệu thành hướng dẫn xử lý tính toán.

Trong các phương án thay thế của FIG.6, khối cảm biến 600 cũng có thể bao gồm các tính năng của nút cổng giao tiếp hoặc bộ thu cổng giao tiếp. Trong đó hộp cảm biến được tạo cấu hình với kết nối có dây hoặc không dây thường là kết nối di động để truyền thông tin hoặc tín hiệu nhận được từ một hoặc nhiều cảm biến. Hơn nữa, bộ vi điều khiển có thể được trang bị để tính toán điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng và có thể gửi tín hiệu hoặc cảnh báo thông

qua mạng truyền thông tới mạng máy tính trong đó người dùng cuối có thể nhận được tín hiệu và cử đội hoặc lực lượng lao động đến điều tra, và/hoặc sửa chữa vị trí trong đó cảm biến phát hiện sự thay đổi về điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng.

FIG.7 là sơ đồ thành phần của phương án ví dụ của bộ vi điều khiển cho lưới địa lý kích hoạt cảm biến. Điều quan trọng cần lưu ý là các hệ thống nhúng ở đây, chẳng hạn như các bộ vi điều khiển khác nhau cũng có thể được tạo cấu hình với tính toán mục đích chung và ngược lại. Một trong những kỹ năng trong lĩnh vực này sẽ nhận ra tầm quan trọng của vi điều khiển đối với các khía cạnh khác nhau, cũng như việc thay thế vi điều khiển bằng máy tính đa năng cho các khía cạnh khác.

Trong phương án ví dụ của FIG.7, bộ vi điều khiển 700 bao gồm một số thành phần tiêu chuẩn, cùng với một số tính năng I/O duy nhất. Bộ vi điều khiển theo các phương án khác có thể là thiết bị tính toán mục đích chung hoặc thiết bị tính toán mục đích đặc biệt, hoặc bất kỳ thiết bị tính toán nào có khả năng thực hiện sáng chế ở đây. Bộ vi điều khiển được trang bị bộ đếm thời gian 712, đóng vai trò quan trọng trong các hệ thống nhúng bằng cách duy trì chu kỳ hoạt động đồng bộ với đồng hồ hệ thống hoặc đồng hồ nối mạng bên ngoài. Hơn nữa, bộ định thời có thể được sử dụng trong các ứng dụng như các ứng dụng tạo độ trễ thời gian để tiết kiệm pin hoặc để kiểm soát tốc độ lấy mẫu, v.v. Bộ vi điều khiển 700 được trang bị bộ nhớ 710 trong đó có hệ thống lưu trữ 702 bao gồm của công nghệ ổ đĩa thể rắn hoặc cũng có thể được trang bị các công nghệ ổ cứng khác, bao gồm cả bộ nhớ khả biến và không khả biến để lưu trữ thông tin máy tính. Ví dụ, bộ máy xử lý cơ sở hạ tầng có thể lưu trữ các bảng dữ liệu hoặc thông tin trong cơ sở dữ liệu quan hệ hoặc trong cơ sở dữ liệu phi kết cấu trong thời gian lưu trữ lâu dài 702. Bộ nhớ 710 của phương án ví dụ của bộ vi điều khiển 700 cũng chứa bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (RAM) 706 chứa các lệnh chương trình cùng với bộ đệm 708 để đệm luồng lệnh tới đơn vị xử lý 750. Trong một số khía cạnh, công cụ xử lý cơ sở hạ tầng hoặc công cụ khác như công cụ thu tín hiệu từ nhiều cảm

biến sẽ nằm trong RAM 706 khi các lệnh được thực thi bởi đơn vị xử lý 750. Do đó, RAM dữ liệu là không gian dữ liệu được sử dụng tạm thời để lưu trữ các giá trị không đổi và biến đổi được sử dụng bởi vi điều khiển 700 trong quá trình thực thi chương trình bình thường của đơn vị xử lý 750. Tương tự như RAM dữ liệu, các thanh ghi chức năng đặc biệt có thể tồn tại trên vi điều khiển 700, các thanh ghi chức năng đặc biệt này hoạt động tương tự như các thanh ghi RAM cho phép đọc và ghi. Trường hợp các thanh ghi chức năng đặc biệt khác nhau là chúng có thể được dành riêng để điều khiển phần cứng trên chip, bên ngoài đơn vị xử lý 750.

Được mô tả thêm trong ví dụ của FIG.7, mô-đun ứng dụng 704 được minh họa khi nó sẽ được tải vào bộ nhớ 710 của vi điều khiển 700. Ví dụ về các mô-đun ứng dụng điển hình có thể được tìm thấy trong nhiều thiết bị điện tử tiêu dùng, bao gồm đồ chơi, máy ảnh, thiết bị gia dụng và những thứ tương tự. Trong ví dụ của chúng tôi, mô-đun ứng dụng 704 tải công cụ cảm biến hoặc công cụ phát hiện trong hộp cảm biến để thu tín hiệu từ hệ thống cảm biến 722 được tạo cấu hình cho một hoặc nhiều cảm biến được gắn vào lưới địa lý. Hơn nữa, bộ vi điều khiển hộp cảm biến 700 có thể tải công cụ để biên dịch thông tin cảm biến vào cơ sở dữ liệu, chẳng hạn như cơ sở dữ liệu quan hệ hoặc cơ sở dữ liệu phi kết cấu. Tương tự như vậy, bộ vi điều khiển 700 như được bộc lộ trong ví dụ này, có thể được đặt tại nút cổng hoặc nút thu và có thể thực hiện các chức năng tương tự hoặc bổ sung. Hơn nữa, cấu hình hộp cảm biến cũng có thể bao gồm cấu hình cổng giao tiếp của phần cứng, chẳng hạn như dịch vụ dữ liệu di động và các công cụ xử lý bổ sung, hoặc ngược lại.

Trong ví dụ của FIG.7, đơn vị xử lý 750 được tạo cấu hình thành bus hệ thống 716 cung cấp đường dẫn cho các tín hiệu kỹ thuật số để nhanh chóng di chuyển dữ liệu vào hệ thống và đến đơn vị xử lý. Bus hệ thống điển hình 716 duy trì kiểm soát ba bus hoặc đường dẫn nội bộ, đó là bus dữ liệu, bus địa chỉ và bus điều khiển. Mô-đun giao diện I/O 718 có thể là bất kỳ số lượng I/O chung nào, bao gồm I/O được lập trình, truy cập bộ nhớ trực tiếp và I/O kênh. Hơn nữa, trong

I/O được lập trình, nó có thể là I/O được ánh xạ cổng hoặc I/O được ánh xạ bộ nhớ hoặc bất kỳ giao thức nào khác có thể xử lý hiệu quả thông tin hoặc tín hiệu đến từ một hoặc nhiều cảm biến. Được tạo cấu hình cho mô-đun giao diện I/O 718 là các thiết bị bên ngoài 720, trong đó các thiết bị đó có thể là thiết bị đầu vào 744 như PDA, máy tính bảng, điện thoại thông minh hoặc máy tính xách tay, trong đó có thể cảm là chạy với vi điều khiển để chẩn đoán và nhập thông tin, chẳng hạn như chương trình cơ sở, BIOS hoặc cập nhật phần mềm. Hơn nữa, hệ thống cảm biến 722 trong ví dụ này bao gồm cảm biến độ uốn (724), gia tốc kế 726, máy đo biến dạng 728, cảm biến nhiệt độ 730 và cảm biến độ ẩm 736. Theo các phương án khác, chỉ một trong số các cảm biến có thể có mặt, thậm chí trong các phương án khác, một hoặc nhiều cảm biến có thể có mặt. Ngoài ra, giao diện I/O có khả năng truyền thông với bus nối tiếp đa năng (USB) hoặc loại giao diện I/O khác như mạng khu vực bộ điều khiển (đó cũng có thể là một phần của bộ điều hợp mạng).

Bộ vi điều khiển 700 trong phương án ví dụ của chúng tôi còn được tạo cấu hình với bộ điều hợp mạng 714, trong đó bộ điều hợp mạng có thể hỗ trợ kết nối có dây hoặc không dây. Bộ điều hợp mạng hỗ trợ nhiều tốc độ truyền và một số chức năng cốt lõi mà Ethernet hoặc kết nối không dây mang lại. Bộ điều hợp mạng ở đây bao gồm cả Ethernet có dây cũng như mô-đun không dây hoặc WiFi. Hơn nữa, ở các khía cạnh khác, chỉ có mô-đun Ethernet là một phần của bộ điều hợp mạng 714. Trong các khía cạnh khác, bộ điều hợp mạng 714 có thể chỉ bao gồm mô-đun WiFi. Bộ điều hợp mạng 714 được tạo cấu hình để truyền thông với mạng truyền thông 734 có thể bắt đầu tại nút cổng hoặc bộ thu cổng và tiếp tục dọc theo một số đường truyền thông để đến mạng máy tính được quy cho chương trình và giao diện người dùng, trong đó người dùng cuối có thể xem hoặc trực quan hóa điều kiện hiện tại, điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng. Bao gồm, nhưng không giới hạn, cơ sở hạ tầng xây dựng, cơ sở hạ tầng thành phố, cơ sở hạ tầng đường và đường bộ, và cơ sở hạ tầng đường ray và ray để nêu tên một số trường hợp sử dụng.

Bây giờ đề cập đến FIG.8, trong đó minh họa ví dụ về hệ thống cơ sở hạ tầng IoT 800 của lưới địa lý kích hoạt cảm biến được bộc lộ. Hệ thống cơ sở hạ tầng IoT 800 trong ví dụ này được thiết kế để thu thập thông tin từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến, vận chuyển thông tin đó dọc theo một loạt các đường dẫn truyền thông trong mạng truyền thông đến mạng máy tính, trong đó người dùng cuối có thể truy cập, thao tác, viết mã và sử dụng dữ liệu bắt nguồn từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến. Chúng ta bắt đầu thảo luận về FIG.8 ở cạnh 825, trong đó cạnh 825 là mạng cạnh có chứa hộp cảm biến 810 và cổng giao tiếp 820. Hộp cảm biến 810 được tạo cấu hình với lưới địa lý kích hoạt cảm biến (không có trong hình) và truyền thông với cổng 820, còn được gọi là nút cổng hoặc bộ thu cổng. Cổng 820 được tạo cấu hình để truyền thông thông qua các phương tiện có dây hoặc không dây với mạng truyền thông 830. Thiết bị mạng thông tin truyền thông điển hình 830 được minh họa như vị trí tháp ô 832 còn được gọi là điểm ô hoặc trạm gốc di động. Địa điểm tháp ô 832 là nơi dành cho thiết bị di động hỗ trợ di động, nơi đặt ăng-ten và thiết bị truyền thông điện tử, thường là trên các hạng mục như cột radio, tháp hoặc kết cấu nâng cao khác. Kết cấu nâng cao của vị trí tháp ô 832 thường bao gồm một hoặc nhiều bộ máy phát/bộ thu, bộ xử lý tín hiệu kỹ thuật số, thiết bị điện tử điều khiển, bộ vi điều khiển, bộ thu GPS và nguồn điện dự phòng, cùng với an toàn và lớp bọc để bảo vệ thiết bị. Trong ví dụ của FIG.8, cổng giao tiếp 820 truyền tín hiệu di động đến vị trí tháp ô 832 trong đó vị trí tháp ô 832 tiếp tục truyền tín hiệu tới mạng máy tính 840 và cuối cùng đến người dùng cuối hoặc giao diện người dùng. ứng dụng có thể chạy trên mạng máy tính để hiển thị sức khỏe, và/hoặc điều kiện từ các tín hiệu nhận được, hoặc có thể có thiết bị máy tính đa năng cục bộ nhận thông tin từ mạng máy tính và hiển thị thông tin hoặc xử lý thông tin cho người dùng cuối.

Tiếp tục trong ví dụ của FIG.8, mạng truyền thông 830 cũng có thể bao gồm ô nhỏ 834, trong đó ô nhỏ là nút truy cập vô tuyến di động có công suất thấp hoạt động ở cả hai loại giấy phép và phổ không được cấp phép và có thể có phạm vi 10 mét đến vài km. Các ô nhỏ rất quan trọng trong các ứng dụng cạnh 825 nhất

định, trong đó khoảng cách đến tháp ô 832 có thể xa. Hơn nữa, các tế bào nhỏ đặc biệt quan trọng đối với băng thông di động khi mật độ tín hiệu tăng lên, phổ không được cấp phép có thể giảm tải và mang lại hiệu quả trong các khu vực được nối mạng. Hơn nữa, trong ví dụ của chúng tôi, hệ thống ăng-ten phân tán (DAS) 836 có thể là một phần của mạng thông tin truyền thông 830. Trong mạng DAS, các nút ăng-ten được phân tách theo không gian được kết nối với nguồn chung để vận chuyển dịch vụ không dây trong khu vực địa lý hoặc kết cấu mẫu. DAS có thể được sử dụng theo các phương án của sáng chế, trong đó có liên quan đến cơ sở hạ tầng xây dựng hoặc cơ sở hạ tầng thành phố. FIG.8 không phải là cái nhìn toàn diện về nền tảng IoT hoặc mạng truyền thông 840, nhiều công nghệ khác có thể được sử dụng như truyền dẫn có dây, đồng trục hoặc cáp quang. Ngoài ra, các phương án như truyền qua vệ tinh và vi sóng, cùng với RF tiêu chuẩn có thể bao gồm bất kỳ khía cạnh nào của sáng chế mà những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ biết.

Bây giờ chuyển sang FIG.9, trong đó ví dụ về nhiều cảm biến áp dụng cho sáng chế hiện tại được đánh dấu. Ngoài ra, các cảm biến ví dụ ở đây, các cảm biến khác như cảm biến áp suất, cảm biến độ ẩm, cảm biến bức xạ UV và đầu báo sét cũng có thể áp dụng được. Trong FIG.9, một ví dụ về cảm biến độ uốn được minh họa. Cảm biến uốn cong hoặc cảm biến uốn cong được thiết kế để đo lường lệch hoặc uốn cong. Cảm biến uốn điển hình giống như các điện trở thay đổi được thay đổi lượng điện trở khi uốn. Cấu tạo của cảm biến độ uốn thường bao gồm chất nền nhựa phenolic, trên đó mực dẫn điện được đặt và các chất bán dẫn phân đoạn được đặt dọc theo đường dẫn mực. Các phương án bổ sung của cảm biến độ uốn tồn tại và các nguyên lý vẫn như cũ. Trong FIG.9B, ví dụ về gia tốc kế được bộc lộ. Gia tốc kế là công cụ đo tốc độ thay đổi vận tốc của vật thể tại khung nghỉ tức thời của chính nó. Loại gia tốc này khác với gia tốc có hướng trong hệ tọa độ cố định. Sáng chế ở đây bao gồm việc sử dụng nhiều máy đo gia tốc để phối hợp với nhau và để đo sự khác biệt giữa các máy khác. Ví dụ, một gia tốc kế có thể được đặt trên một đường ray và gia tốc kế bổ sung trên đường ray đối diện. Tương tự,

trong hệ thống IoT, các gia tốc kế có thể được điều phối trên lưới địa lý kích hoạt cảm biến để tạo thành “bản đồ” hoặc xem xét toàn bộ hệ thống, thậm chí hỗ trợ giám sát các chuyển động dọc theo hệ thống. Trong FIG.9C, ví dụ về cảm biến nhiệt độ được bộc lộ. Trong ví dụ này, nhiệt kế điện trở được mô tả, trong đó chiều dài của dây mảnh được quấn quanh lõi gốm hoặc thủy tinh, và dây đo mối quan hệ điện trở/nhiệt độ. Các cảm biến nhiệt độ khác có thể áp dụng, bao gồm hồng ngoại, thủy ngân, kỹ thuật số, v.v. Trong hình minh họa ví dụ của FIG.9D về cảm biến độ ẩm. Trong ví dụ minh họa, hai miếng đệm tiếp xúc đóng vai trò là đầu dò, hoạt động như một biến trở. Càng nhiều nước trong bề mặt, lớp hoặc đất thì độ dẫn điện giữa hai tấm đệm càng tốt, do đó làm giảm điện trở. Có sẵn các phương án bổ sung về cảm biến độ ẩm và sáng chế chỉ là một mẫu trong số rất nhiều cảm biến độ ẩm có sẵn để mua thương mại. Trong FIG.9E, ví dụ về máy đo biến dạng được minh họa. Như đã thảo luận trước, máy đo biến dạng đo ứng suất hoặc biến dạng trên vật liệu. Khi có lực tác dụng vào thân vật đo biến dạng, vật thể biến dạng, sự biến dạng này được gọi là biến dạng. Cụ thể hơn, biến dạng (ϵ) được định nghĩa là sự thay đổi theo tỷ lệ độ dài với phương trình sau $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$. Một loại biến dạng khác là biến dạng cắt, là thước đo biến dạng góc. Biến dạng cắt có thể đo trực tiếp bằng hiện tượng được gọi là biến dạng Poisson. Sự biến dạng của Poisson $= -\epsilon \frac{t}{\epsilon_1}$. Hơn nữa, có hai loại ứng suất, ứng suất thường hoặc tải trọng tác dụng lên vật liệu và khả năng mang tải của nó, và ứng suất cắt khi nó song song với mặt phẳng ứng suất pháp tuyến. Cả hai cấu hình đều có sẵn trong mô tả và trong các phương án ví dụ, chúng ta sẽ thấy sự kết hợp của một hoặc nhiều máy đo biến dạng được sử dụng để phát hiện biến dạng và biến dạng trong nhiều mặt phẳng.

Bây giờ, chuyển sang FIG.10, trong đó sơ đồ luồng được cung cấp ví dụ về phương pháp giám sát điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng. Trong phương pháp ví dụ, chúng tôi bắt đầu bằng cách phân phối các cảm biến 1000, thường là trong lưới địa lý kích hoạt cảm biến, lưới địa lý (hoặc các địa tổng hợp khác), tuy nhiên, các phương án bổ sung như phân phối cảm biến trong các lớp cơ

sở hạ tầng không được gắn với lưới địa lý cũng được bộc lộ. Hơn nữa, loại và số lượng cảm biến phụ thuộc vào trường hợp sử dụng cụ thể. Trong một ví dụ, một hoặc nhiều cảm biến, thậm chí cùng loại cảm biến (ví dụ, nhiều máy đo biến dạng), được sử dụng trong mảng cung cấp kết quả đọc chính xác nhất có thể cho cơ sở hạ tầng nhất định. Tiếp tục, trong ví dụ của chúng tôi, chúng tôi nhận các tín hiệu từ các cảm biến phân tán 1002, thường bằng hộp cảm biến hoặc cổng kết nối nằm ở rìa của mạng IoT và đóng vai trò là thiết bị thu thập và lưu trữ trước khi truyền tín hiệu hoặc thông tin dọc theo đường truyền thông. Tiếp theo, theo một phương án, chúng tôi xử lý các tín hiệu 1004 hoặc thông tin từ các cảm biến. Theo một phương án, điều này được thực hiện tại hộp cảm biến, trong một phương án khác, điều này được thực hiện tại nút cổng giao tiếp hoặc bộ thu cổng và theo một phương án khác, điều này được thực hiện tại mạng máy tính hoặc máy tính đa năng gần người dùng cuối. Quá trình báo hiệu 1004 hoạt động, như đã đề cập có thể xảy ra ở bất kỳ khía cạnh tính toán nào trong hệ thống hoặc tại nhiều điểm trong hệ thống. Theo một khía cạnh, hộp cảm biến có thể xử lý tín hiệu 1004 và áp dụng bộ lọc 1006, trong đó bộ lọc loại bỏ nhiễu hoặc thông tin không liên quan nhận được từ một hoặc nhiều cảm biến. Theo một khía cạnh khác, hộp cảm biến có thể xử lý tín hiệu 1004 và chuyển tiếp tín hiệu đến nút cổng giao tiếp hoặc mạng máy tính để áp dụng bộ lọc 1006. Trong các phương án khác, phân tích thành phần độc lập có thể xảy ra để cô lập tín hiệu, theo phương án khác, phân tích thành phần nguyên lý có thể được thực hiện để tinh chỉnh thêm tín hiệu. Điều quan trọng cần lưu ý là nhiều thuật toán được sử dụng để lọc tín hiệu, và/hoặc làm sạch dữ liệu nhận được từ các cảm biến, trong ví dụ này chúng ta thảo luận về một số phương pháp được biết đến, nhưng các phương pháp khác có thể áp dụng cho phép các cảm biến tạo ra các thông tin và thông tin dễ đọc. Tiếp theo, và cùng với tín hiệu xử lý 1004, hộp cảm biến, cổng giao tiếp hoặc mạng máy tính có thể áp dụng công cụ xử lý cơ sở hạ tầng 1008 cho dữ liệu nhận được từ một hoặc nhiều cảm biến. Trong ví dụ này, công cụ xử lý cơ sở hạ tầng xử lý dữ liệu nhận được từ các cảm biến và tạo ra thông tin mà người dùng cuối có thể thực hiện. Điều này có thể ở dạng cảnh báo, tin nhắn, thông báo hoặc xử lý dữ liệu tạo ra chỉ báo nếu

một hoặc nhiều cảm biến đã vượt quá ngưỡng cụ thể. Ví dụ, nếu cảm biến độ ẩm hiển thị độ dẫn điện cao hơn mức trung bình và máy đo biến dạng hiển thị độ căng hoặc điện trở ngày càng tăng trên mức trung bình ngày di chuyển của máy đo biến dạng. Hơn nữa, các cảm biến khác có thể được sử dụng để xác minh tính xác thực của dữ liệu, chẳng hạn như gia tốc kế, chẳng hạn như đoàn tàu chạy qua đường ray hoặc ô tô trên mặt đường có thể khiến máy đo biến dạng tăng tạm thời trước khi trở lại lực cân bằng thường, gia tốc kế gắn trên đường ray có thể phát hiện tàu đi qua và hỗ trợ lọc hoặc công cụ xử lý trong việc diễn giải dữ liệu.

Tiếp tục thảo luận với việc đọc lại các bước và phương pháp của công cụ xử lý cơ sở hạ tầng ví dụ 1008 của FIG.10. Trong đó bộ máy xử lý cơ sở hạ tầng 1008 xác định thông qua một hoặc nhiều cảm biến xem có chuyển động quá mức trong balát hoặc balát phụ 1010 hay không. Tiếp theo, tham số thứ hai được thu nhận bởi bộ xử lý cơ sở hạ tầng 1008, trong đó nó xác định xem có hơi ẩm quá mức trong balát, và/hoặc balát phụ của cơ sở hạ tầng 1012 hay không. Cuối cùng, công cụ xử lý cơ sở hạ tầng 1008 sử dụng hai tham số đầu tiên để xác định độ lớn của biến dạng lớp nền 1014 và có nên điều tra điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng 1020 hay không. Bây giờ sau quá trình xử lý tín hiệu 1004, các tín hiệu đã xử lý được truyền qua mạng viễn thông 1016 tới mạng máy tính, trong đó mạng máy tính nhận tín hiệu 1018 và có thể thực hiện xử lý bổ sung hoặc áp dụng công cụ xử lý cơ sở hạ tầng 1008 hoặc khác công cụ tương tự với thông tin nhận được từ các cảm biến. Trong các khía cạnh khác, ứng dụng lọc tín hiệu và xử lý cơ sở hạ tầng xảy ra ở mạng máy tính cách xa rìa của nền tảng IoT. Trong các khía cạnh khác, quá trình lọc và xử lý xảy ra tại nút cổng giao tiếp hoặc trong chính hộp cảm biến. Xuyên suốt các ví dụ khác nhau, kết quả là thông tin về điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng hoặc điều kiện của các cơ sở hạ tầng khác nhau mà không yêu cầu các nhân viên hiện trường hoặc cần kiểm tra thực tế cơ sở hạ tầng. Bộc lộ ở đây cung cấp thông tin thông minh trong toàn bộ hệ thống và cho phép lưới kích hoạt cảm biến truyền đạt thông tin có thể hành động đến người dùng

cuối, những người có thể thực hiện hành động trên một phần cơ sở hạ tầng cụ thể dựa trên thông tin có thể hành động.

Bây giờ, chuyển sang FIG.11, sơ đồ ví dụ về phương pháp giám sát điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng. Trong ví dụ này, lưới địa lý kích hoạt cảm biến được lắp đặt lần đầu tiên trong kết cấu phụ của cơ sở hạ tầng 1100. kết cấu phụ có thể là bất kỳ kết cấu nào của cơ sở hạ tầng nằm dưới kết cấu bề mặt chính, chẳng hạn như bề mặt. Ví dụ về kết cấu phụ bao gồm, nhưng không giới hạn ở, balát, balát phụ, chất kết dính, lớp nền, lớp nền phụ, lớp nền nén chặt và lớp nền tự nhiên. Sau khi cài đặt, truyền thông mạng được thiết lập liên kết lưới địa lý kích hoạt cảm biến với mạng máy tính 1110. Điều này có thể được thực hiện thông qua hộp cảm biến được gắn hoặc tạo cấu hình với lưới địa lý kích hoạt cảm biến hoặc thông qua cổng hoặc nút cổng giao tiếp/bộ thu được gắn vào lưới địa lý và còn được tạo cấu hình thông qua các phương tiện có dây hoặc không dây cho mạng truyền thông. Tiếp theo, thông tin hoặc dữ liệu từ lưới kích hoạt cảm biến được giám sát bởi mạng máy tính 1120. Giám sát bao gồm phân tích thông tin, và/hoặc dữ liệu từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến để xác định điều kiện, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng, và cả trong các khu vực cụ thể của cơ cấu phụ (1130). Cuối cùng, từ thông tin thu thập được từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến, áp dụng các biện pháp hoặc hành động ngăn ngừa, và/hoặc sửa chữa cho kết cấu phụ 1140 tương ứng.

Trong biểu đồ trình tự FIG.12, ví dụ về phương pháp giám sát điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng 1200 được minh họa. Bộ cảm biến tạo ra tín hiệu 1202, thường nhân với định dạng dữ liệu chuỗi thời gian 1214, bằng cách lấy mẫu theo kiểu tuyến tính, theo các phương án khác, dữ liệu có thể được lấy mẫu ngẫu nhiên hoặc bằng phương tiện thuật toán. Tiếp theo, hộp cảm biến nhận và cũng có thể chuyển đổi/giải thích 1204 các tín hiệu trong trường hợp cần chuyển đổi từ tương tự sang kỹ thuật số. Tiếp theo, hộp cảm biến truyền thông tin tín hiệu hoặc dữ liệu đến cổng kết nối, trong đó cổng kết nối truyền thông tin dọc theo mạng truyền thông 1206. Mạng truyền thông 1206 truyền thông tin, và/hoặc dữ

liệu từ các cảm biến và từ cổng giao tiếp mạng máy tính 1208. Trong đó mạng máy tính phân tích 1210 thông tin hoặc dữ liệu và hiển thị thông tin hoặc dữ liệu trên giao diện người dùng. Trong phương án ví dụ, bộc lộ về việc truyền các lệnh có thể lập trình 1216 từ thiết bị đầu vào trên máy tính người dùng hoặc giao diện người dùng được kết nối với mạng máy tính tới cổng hoặc hộp cảm biến được bộc lộ. Trong các phương án như vậy, người dùng có thể cung cấp các bản cập nhật cho phần mềm hoặc ứng dụng, ví dụ bao gồm cập nhật chương trình cơ sở hoặc cảm biến, hoặc cập nhật cho (các) công cụ xử lý qua mạng truyền thông tới các thiết bị phần cứng cạnh nhau (cảm biến, hộp cảm biến, cổng).

Tiếp tục với FIG.12, trong trường hợp không nhận được tín hiệu 1212 từ các cảm biến, hộp cảm biến sẽ tiếp tục cố gắng bắt tín hiệu 1220. Tương tự, trong trường hợp cổng không nhận được tín hiệu 1222, cổng có thể cảnh báo mạng máy tính để hộp cảm biến và hoặc các cảm biến có thể được điều tra. Ngoài ra, nếu cổng không nhận được thông tin truyền thông từ hộp cảm biến hoặc mạng truyền thông, nó có thể lưu dữ liệu vào bộ nhớ cache hoặc lưu trữ dữ liệu cho đến khi truyền thông tiếp tục 1224. Tương tự, hộp cảm biến cũng có thể trải qua quy trình tương tự nếu mất kết nối với cổng, nó có thể lưu vào bộ nhớ cache hoặc lưu trữ thông tin tín hiệu từ một hoặc nhiều cảm biến. Trong phương án ví dụ, các nhóm hoặc nhóm có thể được phân bổ để điều tra cổng 1230, hoặc hộp cảm biến 1232 hoặc cảm biến 1234 dựa trên các quy trình và giao thức được tích hợp sẵn trong hệ thống cung cấp cảnh báo tại các khu vực chính khi mất truyền thông có thể dẫn đến mất dịch vụ hoặc thông tin.

Chuyển trọng tâm sang các phương án về đường ray và cơ sở hạ tầng. Trong FIG.13, một ví dụ về cơ sở hạ tầng đường ray được minh họa. Ví dụ, các lớp hoặc chất nền khác nhau được xác định ở đây, và trên thực tế, các lớp có thể được định nghĩa khác nhau hoặc khó xác định. Các phần tử bổ sung của cơ sở hạ tầng đường ray có thể bao gồm vai balát, tà vẹt, tấm phủ và các lớp và hoặc phần tử khác. Hơn nữa, nhiều lớp có thể được lặp lại, và/hoặc bao gồm nhiều phần tử bổ sung, trọng tâm vẫn là giám sát chất nền thông qua lưới địa lý kích hoạt cảm biến và các ví

dụ ở đây chỉ là một vài cấu hình được bao gồm trong sáng chế. Cơ sở hạ tầng đường ray 1300 minh họa đường ray (1310) cũng như lớp balát (1320), lớp balát phụ (1330) và lớp phụ 1340. Các lớp cùng nhau tạo thành một hiện thân của cơ sở hạ tầng đường ray minh họa cho cơ sở hạ tầng đường ray 1300 trong điều kiện và sức khỏe tốt. Trong FIG.13B, ví dụ về điều kiện rửa trôi hoặc xói mòn hoặc hư hỏng 1350 trong cơ sở hạ tầng đường ray được minh họa 1302. Đặc biệt hơn, điều kiện rửa trôi hoặc xói mòn hoặc hư hỏng cơ sở hạ tầng đường ray đã xảy ra ở lớp phụ 1340. Xói mòn hoặc rửa trôi thường xảy ra khi đất yếu hoặc các lớp khác bị phá vỡ do nước hoặc các lực cơ học, thường xảy ra khi có mưa như trút nước, lũ quét hoặc lũ ống. Các vùng núi và các vùng thiếu thảm thực vật để bồi đắp phù sa có thể gặp thêm các điều kiện rửa trôi hoặc xói mòn. Điều kiện rửa trôi trong cơ sở hạ tầng đường ray và đường ray có thể khó xác định và thậm chí có thể khiến đường ray lơ lửng trên mặt đất, làm tăng khả năng xảy ra tai nạn. Do đó, lưới địa lý kích hoạt cảm biến, như được bộc lộ ở đây, được trang bị để phát hiện những thay đổi nhỏ trong cơ sở hạ tầng đường ray, những thay đổi có thể không được biết bằng cách kiểm tra trực quan và để phân tích những thay đổi đó để bảo trì, sửa chữa, và/hoặc điều chỉnh vòng đời.

Trong ví dụ FIG.14A-B về cơ sở hạ tầng đường ray với lưới địa lý kích hoạt cảm biến được minh họa (1400, 1402). Trong FIG.14A, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 1440 được đặt trên mức phụ 1450. Trong FIG.14B, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 1440 được đặt trên mức balát phụ 1430. Vị trí của lưới địa lý kích hoạt cảm biến 1440 trong cơ sở hạ tầng phụ thuộc vào kết cấu của cơ sở hạ tầng đường ray và đường ray cũng như ứng dụng cụ thể. Trong các khía cạnh khác, một số lưới địa lý kích hoạt cảm biến hoặc lưới địa lý kích hoạt cảm biến và lưới địa lý kích hoạt cảm biến hoặc thậm chí trong các trường hợp khác, lưới địa lý thông thường và lưới địa lý kích hoạt cảm biến được kết hợp để tạo thành "lớp cảm biến" trong đó một hoặc nhiều cảm biến trên lưới địa lý hoặc sợi địa lý nhận thông tin về cơ sở hạ tầng đường ray và truyền thông tin đó tới mạng máy tính ở xa rìa IoT để xử lý và giám sát thêm. Tương tự, với các sơ đồ trước, các đường ray 1410

được đặt trên vật liệu balát 1420. Vật liệu balát 1420 giữ cố định đường ray và thường bao gồm đá dăm, mặc dù có thể sử dụng các vật liệu khác, ít thích hợp hơn như đất sét nung. Độ dày thích hợp của balát đường ray phụ thuộc vào kích thước và khoảng cách của các thanh giằng (không được hiển thị), lưu lượng giao thông và nhiều yếu tố khác như cơ sở hạ tầng hỗ trợ lưới địa lý hoặc các lớp con. Balát phụ 1430 thường là những viên đá vụn nhỏ hơn so với đá balát 1420 và được thiết kế để đỡ balát 1420 và giảm sự xâm nhập của nước từ các kết cấu hỗ trợ bên dưới. Trong ví dụ này, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 1440 được trang bị cảm biến độ ẩm và máy đo độ căng và hoặc máy đo độ uốn có thể dự đoán bị tắc nghẽn do nước xâm nhập vào kết cấu phụ. Cảm biến độ ẩm có thể được trang bị để nhận biết trên cơ sở chuỗi thời gian, trong đó mạng máy tính và mô-đun ứng dụng có thể có mức trung bình theo mùa hoặc dao động và sử dụng thông tin trước đó để xây dựng hoặc phát triển mô hình cho khu vực cụ thể, và/hoặc vị trí của cơ sở hạ tầng đường ray.

Trong hình minh họa cơ sở hạ tầng đường ray lưới địa lý có kích hoạt cảm biến A-B với điều kiện rửa trôi được minh họa. Trong FIG.15A, điều kiện rửa trôi hoặc xói mòn hoặc hư hỏng đã xảy ra trong lớp dưới 1550. Lớp dưới 1550 thường là vật liệu gốc trong đó cơ sở hạ tầng được đặt. Lớp dưới 1550 có thể được nén hoặc trộn với cốt liệu khác để gia cố nếu vật liệu gốc không có khả năng hỗ trợ ứng dụng. Trong FIG.15B xói mòn hoặc rửa trôi hoặc hư hỏng đã xảy ra ở lớp balát phụ 1530. Vị trí nơi xảy ra xói mòn là một ví dụ về cách thức hoạt động của lưới địa lý kích hoạt cảm biến bằng cách sử dụng một hoặc nhiều cảm biến. Ví dụ, theo phương án của FIG.15A, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 1540 có thể bị căng từ lớp phụ bị thiếu 1560, trong đó cảm biến đo biến dạng sẽ làm nổi bật trở kháng bổ sung, hơn nữa, nếu được trang bị cảm biến độ uốn, thì độ uốn cảm biến cũng có thể xác minh sự gia tăng uốn cong trên lưới địa lý do điều kiện rửa trôi. Trong một ví dụ, việc rửa trôi trong FIG.15A có thể tạo ra sự uốn cong lõm trong lưới địa lý do mất lớp dưới, sự uốn cong lõm sẽ làm tăng số đọc trên cảm biến uốn và tạo ra các tín hiệu cảnh báo về những thay đổi trong điều kiện và sức khỏe

của đường ray giám sát cơ sở hạ tầng. Theo các phương án khác, sự uốn cong lõm trên FIG.15A có thể tạo ra lực cản trong máy đo biến dạng và tạo ra tín hiệu mô tả độ căng trên lưới địa lý kích hoạt cảm biến. Một người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ ngay lập tức nhận ra lợi ích của việc truyền đạt thông tin tình báo cho cơ sở hạ tầng đường ray, hơn nữa việc tiết kiệm chi phí và tránh thương vong làm tăng nhu cầu ứng dụng như được trình bày ở đây. Trong FIG.15B, điều kiện rửa trôi hoặc xói mòn hoặc hư hỏng 1560 có thể loại bỏ áp lực hoặc lực trên đỉnh của lưới địa lý, nó thậm chí có thể gây ra sự uốn cong lồi, trong đó máy đo biến dạng và cảm biến uốn có thể cảnh báo các lực như vậy trên cảm biến được kích hoạt lưới địa lý 1540. Ngoài ra, cảm biến độ ẩm có thể cho biết độ ẩm tăng lên do rửa trôi và cho biết thêm điều kiện và sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường ray.

Tương tự, trong FIG.16A-B rửa trôi hoặc xói mòn hoặc hư hỏng bổ sung 1660 đối với đường ray có kích hoạt cảm biến 1630 được minh họa. Các đường ray 1610 được giữ cố định bởi balát 1620, theo đó, trong ví dụ của FIG.16A, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 1630 được đặt. Trong phương án này, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 1630 được đặt phía trên balát phụ và mô tả việc sử dụng sử dụng “lớp cảm biến” là lưới địa lý kích hoạt cảm biến tại nhiều vị trí trong cơ sở hạ tầng đường ray và đường ray. Tương tự như FIGS.15A-B, các điều kiện rửa trôi hoặc xói mòn hoặc hư hỏng có thể xảy ra tại các điểm khác nhau trên cơ sở hạ tầng đường ray. Kết cấu bán cứng của lưới địa lý cho phép cảm nhận lực và thay đổi xuyên suốt trong “web” như thời trang để mặc dù các cảm biến không được đặt trực tiếp tại điểm xói mòn, chúng vẫn sẽ phát hiện hoặc cảm nhận được những thay đổi trong cơ sở hạ tầng. Trong FIG.16A, sự rửa trôi 1660 xảy ra ở lớp balát phụ gây ra sự hình thành lực lõm trên lưới địa lý kích hoạt cảm biến. Các lực này có thể được phát hiện bởi một hoặc nhiều cảm biến và được truyền từ phần cứng biên tới mạng máy tính, trong đó người dùng cuối (thông qua ứng dụng phần mềm hoặc nền tảng) có thể thực hiện các biện pháp phòng ngừa hoặc khắc phục hoặc cảnh báo để thay đổi điều kiện và sức khỏe của đường ray cơ sở hạ tầng.

Trong FIG.17A, nhiều lưới địa lý kích hoạt cảm biến 1730 được đặt trong cơ sở hạ tầng đường ray. Đường ray xe lửa 1710 được giữ bởi balát 1720, trong đó lưới địa lý kích hoạt cảm biến đầu tiên 1730 được đặt, tiếp theo là balát phụ 1740 và lưới địa lý kích hoạt cảm biến thứ hai 1730, được đặt phía trên lớp phụ. Trong ví dụ này, lưới địa lý hỗ trợ nhiều cảm biến làm tăng độ nhạy của các phép đọc và cho phép bổ sung dữ liệu và dự phòng. Hơn nữa, việc bố trí như vậy có thể có lợi cho các khu vực có tầm quan trọng lớn, chẳng hạn như tại ga đường ray, nơi áp lực gia tăng và lặp đi lặp lại có thể làm mệt mỏi cơ sở hạ tầng nhanh hơn.

Trong FIG.17B, ví dụ về cơ sở hạ tầng biên được minh họa cho lưới địa lý kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng đường ray và đường ray 1702. Thanh ray 1710 được đặt trên đầu của balát 1720, trong đó trong phương án ví dụ mô tả nhiều vị trí của chân cảm biến 1760. Hộp cảm biến 1760 có thể nằm trên các thanh nối đường ray hoặc cơ sở hạ tầng phía trên để dễ dàng truy cập và truyền thông. Ngoài ra, như đã thấy trong các phương án và bộc lộ khác ở đây (FIG.4), hộp cảm biến 1760 cũng có thể được tạo cấu hình cho chính lưới địa lý kích hoạt cảm biến 1740. Vị trí của hộp cảm biến 1760 sẽ thay đổi tùy theo việc lắp đặt đường ray, tuy nhiên, trong các ví dụ bổ sung, lưới địa lý kích hoạt cảm biến được chế tạo cùng với các cảm biến và hộp cảm biến để cho phép cài đặt nhanh chóng. Nút cổng 1770 hoặc bộ thu cổng được tạo cấu hình với kết nối trực tiếp, chẳng hạn như Ethernet hoặc cáp dữ liệu hoặc cáp đồng trục với hộp cảm biến. Nút cổng 1770 hoặc bộ thu cổng được trang bị để truyền cả có dây hoặc không dây tới mạng truyền thông 1780, trong đó thông tin cảm biến được chuyển tiếp đến mạng máy tính để giám sát và phân tích thêm.

Trong FIG.18A, hộp cảm biến 1850 được mô tả như được thay thế bằng nút cổng 1860, trong đó nút cổng 1860 cung cấp đầu vào và bảo vệ các dây dẫn và cấu hình để nhận thông tin từ các cảm biến. Trong ví dụ này, cổng giao tiếp và hộp cảm biến có thể được kết hợp, trong đó hộp cảm biến có thể có các thuộc tính của cổng, do đó, hộp cảm biến có thể được trang bị để truyền thông qua đường truyền di động tới mạng truyền thông. Hệ thống cạnh cũng có thể được chia thành

các thành phần khác. Trong các ví dụ khác, bộ thu công có thể có một bộ thu có dây từ hộp cảm biến và bộ thu không dây từ bộ thu có dây. Trong ví dụ trước, chuỗi máy thu công kết nối có thể được xây dựng để cung cấp việc truyền thông tin từ các cảm biến đến mạng truyền thông.

Trong FIG.18B, hình chiếu góc của cơ sở hạ tầng đường ray có kích hoạt cảm biến được minh họa. Các cảm biến 1830 có thể bao gồm gia tốc kế trên thanh giằng đường ray cho phép phát hiện các rung động trên đường ray, trong đó việc phát hiện các rung động có thể cho phép lọc khi tàu chạy qua, do đó lọc ra biến dạng hoặc độ uốn sai. Theo phương án này, các hệ thống có thể tham chiếu chéo lẫn nhau và một phần của công cụ xử lý cơ sở hạ tầng có thể sử dụng một cảm biến để làm sạch hoặc lọc dữ liệu của một cảm biến khác. Hộp cảm biến 1820 được mô tả trên đỉnh của balát, tạo điều kiện thuận lợi cho việc tiếp cận vỏ bọc để nâng cấp và xác minh thiết bị. Hơn nữa, theo phương án hiện tại, phần trên cùng của hộp cảm biến có thể được trang bị cơ sở hạ tầng năng lượng mặt trời để cung cấp năng lượng cho pin sạc lại được cấp nguồn cho các cảm biến và bộ vi điều khiển được trang bị trong hộp cảm biến 1820. Trong các phương án bổ sung, lực cơ học hoặc rung động trong đường ray có thể tạo ra điện tích áp điện cung cấp điện tích cho pin, cấp nguồn cho bộ vi điều khiển hộp cảm biến và các cảm biến. Trong các khía cạnh khác, chẳng hạn như trên tàu điện và đường ray, hộp cảm biến có thể chạm trực tiếp vào lưới điện để nhận điện. Trong các khía cạnh khác, pin được trang bị để kéo dài tuổi thọ của khối cảm biến, trong đó thời gian thay thế sẽ thay thế toàn bộ khối. Hơn nữa, trong FIG.18B, hộp cảm biến 1820 được trang bị truyền thông di động cho phép truyền tới mạng truyền thông 1830, trong đó dữ liệu từ các cảm biến được gửi đến mạng máy tính.

Trong sơ đồ FIG.19 minh họa ví dụ về phương pháp giám sát điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường ray. Theo một khía cạnh, việc lắp đặt lưới địa lý kích hoạt cảm biến được đặt trong cơ sở hạ tầng đường ray 1900. Lưới địa lý kích hoạt cảm biến như một phần của cơ sở hạ tầng đường ray được truyền thông tin tình báo dưới dạng một hoặc nhiều cảm biến và hộp cảm biến hoặc công

để nhận các tín hiệu được tạo ra từ một hoặc nhiều cảm biến. Tiếp theo, liên kết truyền thông được cung cấp giữa lưới địa lý kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng đường ray và mạng máy tính phụ trợ 1910. Tiếp theo, người dùng và các hệ thống ở đây giám sát thông tin 1920 nhận được từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến. Khi giám sát chương trình, người dùng phân tích thông tin, và/hoặc dữ liệu từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến và xác định điều kiện sức khỏe, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng đường ray 1930. Đôi khi, cần khám phá thêm và quá trình phân tích có thể hướng đến việc thu thập thông tin bổ sung. Cuối cùng, nếu được bảo đảm, hành động ngăn ngừa, và/hoặc khắc phục có thể diễn ra trên cơ sở hạ tầng đường ray 1940, bao gồm cả việc khắc phục điều kiện rửa trôi hoặc xói mòn. Hơn nữa, trong các phương án bổ sung, việc bảo trì vòng đời của cơ sở hạ tầng đường ray có thể được hướng dẫn hoặc chỉ dẫn bởi thông tin từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến.

Chuyển trọng tâm sang tiêu điểm của các lưới địa lý kích hoạt cảm biến cho cơ sở hạ tầng đường và đường bộ. FIG.20 là hình minh họa các lực tác động lên mặt đường hoặc cơ sở hạ tầng đường bộ. Sự phân bố của các lực cũng như các lực định hướng là sự hao mòn liên tục đối với mặt đường và cơ sở hạ tầng đường bộ. Nhiều công trình lắp đặt rất quan trọng đối với nền kinh tế hiện đại và nhu cầu phát hiện và bảo trì cơ sở hạ tầng đường bộ và đường bộ được tìm kiếm từ lâu. Lưới địa lý kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng đường bộ cho phép nhiều cảm biến giám sát trạng thái, sức khỏe, và/hoặc điều kiện của cơ sở hạ tầng đường bộ mà không cần phải sử dụng thiết bị chuyên dụng, và/hoặc các biện pháp có thể gây xuống cấp thêm, chẳng hạn như khoan hoặc thâm nhập vào bề mặt.

FIG.21-23 bộc lộ các phương án của hệ thống và phương pháp của lưới địa lý kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng đường và đường bộ. Trong FIG.21, một mẫu cơ sở hạ tầng đường bộ được minh họa. Lớp bề mặt 2110 là lớp trên cùng tiếp xúc với tải trọng và lực lượng giao thông. Các đặc điểm của lớp bề mặt 2110 bao gồm ma sát, độ nhẵn, kiểm soát tiếng ồn, chống hằn lún và thoát nước. Hơn nữa, dòng chảy bề mặt 2110 thường được thiết kế để ngăn thoát nước xuống các

dòng chảy bên dưới nhằm kiểm soát xói mòn và rửa trôi. Lớp bề mặt thường bao gồm nhựa đường hoặc cốt liệu được trộn với chất kết dính, chẳng hạn như cốt liệu khoáng trộn với vật liệu nhựa đường. Lớp nền 2120 là lớp ngay bên dưới lớp bề mặt 2110, nó thường cung cấp phân phối lực và hỗ trợ thoát nước. Khoá cơ sở 2120 thường bao gồm đá nghiền, xỉ nghiền, sỏi nghiền hoặc tái chế, và cát, hoặc kết hợp của các vật liệu này. Thông thường, quá trình chuyển tiếp chẳng hạn như lớp chất kết dính có thể tồn tại giữa lớp bề mặt 2110 và lớp cơ sở 2120. Lớp nền phụ 2130 chủ yếu hoạt động như hỗ trợ kết cấu và thường bao gồm chất lượng vật liệu thấp nhất. Lớp nền phụ 2130 thường được làm từ đất địa phương hoặc đất địa phương và môi trường. Các ví dụ ở đây là không đầy đủ, có thể có nhiều lớp và lớp phủ cho cơ sở hạ tầng đường và đường bộ và sẽ được biết đến bởi những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này.

FIG.21B là minh họa lực tác động từ lớp xe 2140 lên cơ sở hạ tầng đường bộ 2102. Trong ví dụ, lực từ lớp tác động lên các lớp và cho thấy sự xuống cấp 2150 hình thành do ứng suất và biến dạng. Cuối cùng, khi vết lõm xảy ra do mất rãnh nền 2130 hoặc do thoát nước không đúng cách trên bề mặt 2110 hoặc rãnh nền 2120, rửa trôi có thể xảy ra hoặc các hư hỏng khác tạo ra các rãnh và kênh dẫn làm tăng nguy cơ và thiệt hại cho xe cộ. Hơn nữa, số lượng giao thông, và/hoặc tải trọng có thể làm tăng xói mòn do hỗ trợ đất chuyển dịch từ ứng suất và lực lặp đi lặp lại. Điều này thường gây ra các vết nứt, đôi khi làm tăng độ ẩm dưới bề mặt (một khía cạnh có thể phát hiện được theo sáng chế), cũng như tăng độ căng và hoặc độ uốn trên lưới địa lý kích hoạt cảm biến. Hơn nữa, nhiệt độ, chu kỳ đóng băng và tan băng của nước trong cơ sở hạ tầng đường bộ có thể làm tăng thêm xói mòn và các lực tác động lên lưới địa lý kích hoạt cảm biến.

Trong các hình minh họa FIGS.22A-B về các phương án ví dụ về cơ sở hạ tầng dành cho xe cộ và mặt đường kích hoạt cảm biến được bộc lộ. Trong FIG.22A, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 2220 được tạo cấu hình trong quy trình nâng cấp 2240. Trong các phương án bổ sung, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 2220 có thể nằm trong lớp cơ sở 2120. Trong các phương án bổ sung, lưới địa lý kích

hoạt cảm biến 2220 có thể nằm trong hỗn hợp các lớp và có thể không được tổng hợp hoặc vật liệu xác định rõ ràng. Theo một khía cạnh, lưới địa lý kích hoạt cảm biến 2220 được tạo cấu hình với các thành phần cứng, trong đó máy đo biến dạng và cảm biến uốn có thể được tạo cấu hình để cung cấp đầu vào. Theo các khía cạnh khác, trạng thái và sức khỏe, và/hoặc điều kiện của mặt đường được tạo cấu hình theo các tham số của lưới địa lý kích hoạt cảm biến, do đó cung cấp dữ liệu thời gian thực về thông tin thu được từ các cảm biến trong cơ sở hạ tầng đường bộ.

Trong ví dụ FIG.22B về lớp xe 2250 tác dụng lực lên cơ sở hạ tầng đường bộ, trong đó lực liên tục đã gây ra sự rửa trôi hoặc biến dạng khác, minh họa sự suy yếu và phá vỡ của mặt đường và tạo ra lực trên lưới địa lý kích hoạt cảm biến 2220. Trong ví dụ, các lực đã gây ra hiện tượng uốn cong lõm, trong đó lưới địa lý kích hoạt cảm biến có thể phát hiện các lực như vậy và báo cáo lực biến dạng hoặc độ uốn trên cơ sở hạ tầng đường bộ. Trong ví dụ này, việc giám sát và phân tích có thể được thực hiện để ngăn ngừa tác hại thêm đối với cơ sở hạ tầng đường bộ, hoặc có thể được hoàn thành như một phần của quá trình bảo trì định kỳ cơ sở hạ tầng đường bộ. Những hình ảnh minh họa này chỉ là một vài ví dụ và là ví dụ về cách các lực có thể làm biến dạng lưới địa lý kích hoạt cảm biến và cho phép phát hiện hoặc thay đổi điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường bộ và đường bộ.

FIG.23 là sơ đồ ví dụ về phương pháp giám sát điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng đường bộ. Đầu tiên, trong ví dụ của FIG.23, lớp địa tổng hợp được kích hoạt cảm biến được lắp đặt trong cơ sở hạ tầng đường bộ 2300. Lớp địa tổng hợp này có thể là lưới địa lý, sợi địa lý hoặc các địa tổng hợp/geopolyme khác. Hơn nữa, lưới địa lý có thể đa trục và các thành phần cứng có thể được sử dụng để đặt các cảm biến khác nhau như máy đo biến dạng và cảm biến uốn. Tiếp tục trong ví dụ của chúng tôi, liên kết truyền thông được cung cấp 2310 giữa lưới địa lý kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng đường bộ với mạng máy tính, trong đó mạng máy tính có thể nằm trong môi trường điện toán đám mây hoặc môi

trường điện toán cục bộ. Hơn nữa, mạng máy tính có khả năng lưu trữ ứng dụng, ứng dụng web, applet máy chủ động hoặc bất kỳ ứng dụng nào khác trong việc hiển thị thông tin từ cơ sở dữ liệu quan hệ hoặc phi kết cấu. Thông tin từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng đường bộ được giám sát (2320) và phân tích (2330) để xác định điều kiện, điều kiện, và/hoặc trạng thái của cơ sở hạ tầng đường bộ. Cuối cùng, nếu được bảo đảm, các biện pháp ngăn ngừa, và/hoặc hành động khắc phục có thể được thực hiện liên quan đến cơ sở hạ tầng đường bộ. Các hành động khắc phục có thể bao gồm sửa chữa và thay thế các phần của cơ sở hạ tầng đường bộ, cũng như sửa chữa và phục hồi cơ sở hạ tầng. Hơn nữa, trong các ví dụ bổ sung, giám sát và phân tích vòng đời được thu thập và sử dụng để thực hiện giám sát bổ sung trên mặt đường đã lắp đặt, bao gồm việc tạo ra những thứ như chỉ số giá trị, xác định cấp và độ mòn ưu tiên, đồng thời đánh giá các khu vực khác nhau về độ bền của lớp phủ và các thuộc tính và đặc điểm khác.

Bây giờ đề cập đến FIG.24. Trong ví dụ FIG.24, phương án của giao diện người dùng từ mạng máy tính được minh họa. Giao diện người dùng thường sẽ chứa thông tin cảm biến, sơ đồ, sơ đồ, cảnh báo, tin nhắn và các thông tin khác liên quan đến trạng thái, điều kiện, và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng được trang bị lưới kích hoạt cảm biến và bộc lộ ở đây. Giao diện người dùng là nơi có thể thực hiện hành động ngăn ngừa, và/hoặc hành động khắc phục liên quan đến kết cấu phụ mà người dùng quan tâm. Ví dụ, dựa trên kết quả phân tích được thực hiện bởi mạng máy tính và người dùng cuối, có thể xảy ra một số bảo trì phòng ngừa, sửa chữa nhất định, và/hoặc thay thế nhất định kết cấu phụ. Người ta cũng dự tính rằng các tham số phân tích khác có thể được giám sát, chẳng hạn như phân tích vòng đời (tức là tuổi thọ còn lại trong kết cấu dựa trên giả định tuổi thọ thiết kế). Những loại phân tích này có thể hữu ích trong việc lập kế hoạch vốn, vì vậy hệ thống hiện tại không chỉ được coi là công cụ duy trì mà còn có thể được sử dụng chung như công cụ lập kế hoạch vốn và hoạt động.

Theo quy ước luật sáng chế thông thường, các thuật ngữ “một” (“a,” “an” và “the”) đề cập đến “một hoặc nhiều” khi được sử dụng trong sáng chế, bao gồm

cả các yêu cầu bảo hộ. Vì vậy, ví dụ, tham chiếu đến “đối tượng” bao gồm nhiều đối tượng, trừ khi ngữ cảnh rõ ràng là ngược lại (ví dụ, nhiều đối tượng), v.v..

Xuyên suốt bản mô tả và các yêu cầu bảo hộ, các thuật ngữ “bao gồm”, “gồm có” và “gồm” được sử dụng theo nghĩa không loại trừ, trừ khi ngữ cảnh yêu cầu khác. Tương tự như vậy, thuật ngữ “bao gồm” và các biến thể ngữ pháp của nó nhằm mục đích không giới hạn, sao cho việc đọc lại các mục trong danh sách không loại trừ các mục tương tự khác có thể được thay thế hoặc thêm vào các mục được liệt kê.

Đối với mục đích của bản mô tả và các yêu cầu bảo hộ kèm theo, trừ khi có chỉ định khác, tất cả các con số thể hiện số lượng, kích thước, kích thước, tỷ lệ, hình dạng, công thức, tham số, tỷ lệ phần trăm, số lượng, đặc tính và các giá trị số khác được sử dụng trong tham số kỹ thuật và công bố, phải được hiểu là được sửa đổi trong mọi trường hợp bởi thuật ngữ “khoảng” mặc dù thuật ngữ “khoảng” có thể không xuất hiện rõ ràng cùng với giá trị, số lượng hoặc phạm vi. Do đó, trừ khi được chỉ ra ngược lại, các tham số số được nêu trong đặc điểm kỹ thuật sau đây và các công bố kèm theo không và không cần chính xác, nhưng có thể gần đúng, và/hoặc lớn hơn hoặc nhỏ hơn như mong muốn, phản ánh dung sai, hệ số chuyển đổi, làm tròn số, sai số đo lường và các yếu tố tương tự, và các yếu tố khác mà những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này đã biết tùy thuộc vào các đặc tính mong muốn mà đối tượng theo sáng chế tìm kiếm để đạt được. Ví dụ, thuật ngữ “khoảng” khi đề cập đến giá trị có thể có nghĩa là bao hàm các biến thể, theo một số phương án $\pm 100\%$, trong một số phương án $\pm 50\%$, trong một số phương án $\pm 20\%$, trong một số phương án $\pm 10\%$, trong một số phương án $\pm 5\%$, trong một số phương án $\pm 1\%$, trong một số phương án $\pm 0,5\%$, và theo một số phương án $\pm 0,1\%$ so với lượng quy định, vì các biến thể đó là thích hợp để thực hiện các phương pháp được bộc lộ hoặc sử dụng các chế phẩm được bộc lộ.

Hơn nữa, thuật ngữ “khoảng” khi được sử dụng liên quan đến một hoặc nhiều số hoặc phạm vi số, nên được hiểu là để chỉ tất cả các số như vậy, bao gồm

tất cả các số trong phạm vi và sửa đổi phạm vi đó bằng cách mở rộng các ranh giới trên và dưới các giá trị số được đặt ra ngoài. Việc đọc các phạm vi số theo điểm cuối bao gồm tất cả các số, ví dụ, toàn bộ số nguyên, bao gồm các phân số của chúng, được cộng gộp trong phạm vi đó (ví dụ, việc đọc lại từ 1 đến 5 bao gồm 1, 2, 3, 4 và 5, cũng như các số thập phân của chúng, ví dụ, 1,5, 2,25, 3,75, 4,1, và tương tự) và bất kỳ phạm vi nào trong phạm vi đó.

Mặc dù vấn đề nêu trên đã được mô tả một số chi tiết bằng cách minh họa và ví dụ nhằm mục đích hiểu rõ hơn, nhưng những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu rằng một số thay đổi và sửa đổi nhất định có thể được thực hiện trong phạm vi của các yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống giám sát cơ sở hạ tầng, bao gồm:

lưới địa lý kích hoạt cảm biến, bao gồm:

lưới địa lý; và

hai hoặc nhiều cảm biến, bao gồm ít nhất một máy đo biến dạng, hai hoặc nhiều cảm biến này được cấu hình hoạt động cho các thành phần kết cấu của lưới địa lý;

hộp cảm biến với vỏ bọc bảo vệ;

bộ vi điều khiển, được cấu hình trong hộp cảm biến, bộ vi điều khiển được cấu hình để nhận tín hiệu từ hai hoặc nhiều cảm biến, và truyền tín hiệu đến thiết bị cổng giao tiếp, trong đó thiết bị cổng giao tiếp truyền thông có dây hoặc không dây với bộ vi điều khiển trong hộp cảm biến; và

mạng máy tính, trong đó mạng máy tính được trang bị để nhận dữ liệu từ bộ vi điều khiển, và xử lý tín hiệu bằng một công cụ xử lý cơ sở hạ tầng bao gồm ít nhất một tham số đo biến dạng cơ sở, tham số đo gia tốc kế và tham số lượng biến đổi tối đa bằng với lượng độ bền kéo của lưới địa lý, trong đó tham số đo gia tốc kế được sử dụng để đo sự khác biệt giữa các máy khác.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó lưới địa lý là lưới địa lý nhiều trục.

3. Hệ thống theo điểm 1, trong đó lưới địa lý bao gồm các vật liệu polyme.

4. Hệ thống theo điểm 1, trong đó lưới địa lý kích hoạt cảm biến được cấu hình với nhiều hộp cảm biến.

5. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hai hoặc nhiều cảm biến bao gồm cảm biến uốn được cấu hình hoạt động cho thành phần kết cấu của lưới địa lý.

6. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hai hoặc nhiều cảm biến bao gồm cảm biến độ ẩm được cấu hình hoạt động cho một thành phần kết cấu của lưới địa lý.

7. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hai hoặc nhiều cảm biến bao gồm cảm biến nhiệt độ được cấu hình hoạt động cho thành phần kết cấu của lưới địa lý.

8. Hệ thống theo điểm 1, trong đó bộ vi điều khiển được cấu hình cho cổng giao tiếp thông qua giao thức truyền thông không dây.

9. Hệ thống theo điểm 8, trong đó cổng giao tiếp truyền thông với nhiều hộp cảm biến.

10. Hệ thống theo điểm 1, còn bao gồm giao diện người dùng, trong đó giao diện người dùng được cấu hình cho mạng máy tính để cho phép xem các tín hiệu thu được từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến.

11. Thiết bị giám sát cơ sở hạ tầng, bao gồm:

hộp cảm biến, bao gồm:

vỏ bọc bảo vệ;

bộ vi điều khiển;

nguồn cung cấp điện; và

bộ điều hợp truyền thông được cấu hình cho truyền thông có dây

hoặc không dây;

máy đo biến dạng, được cấu hình cho hộp cảm biến;

cảm biến độ ẩm, được cấu hình cho hộp cảm biến;

gia tốc kế, được cấu hình cho hộp cảm biến; và

công cụ xử lý cơ sở hạ tầng thực thi trên bộ vi điều khiển, bao gồm ít nhất một tham số đo biến dạng cơ bản, tham số đo gia tốc kế và tham số lượng biến đổi tối đa.

12. Thiết bị theo điểm 11, trong đó hộp cảm biến còn được cấu hình cho cảm biến uốn.

13. Thiết bị theo điểm 11, trong đó máy đo biến dạng được gắn vào lưới địa lý nhiều trục.

14. Thiết bị theo điểm 11, trong đó hộp cảm biến được gắn vào lưới địa lý nhiều trục.

15. Thiết bị theo điểm 11, trong đó hộp cảm biến được cấu hình cho sợi địa lý.

16. Thiết bị theo điểm 11, trong đó bộ điều hợp truyền thông được cấu hình cho thiết bị cổng giao tiếp.

17. Phương pháp giám sát trạng thái của cơ sở hạ tầng được hỗ trợ lưới địa lý, phương pháp bao gồm các bước:

phân phối lưới địa lý kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng;

nhận, bởi bộ vi điều khiển trong hộp cảm biến có vỏ bọc bảo vệ, tín hiệu từ lưới địa lý đã kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng;

xử lý, bởi bộ vi điều khiển, trong đó quá trình xử lý tạo ra dữ liệu chuỗi thời gian bao gồm ít nhất một tham số đo biến dạng cơ bản, tham số đo gia tốc kép và tham số lượng biến đổi tối đa từ các tín hiệu từ lưới địa lý được kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng; và

truyền, bởi bộ điều hợp truyền thông được cấu hình cho bộ vi điều khiển, dữ liệu chuỗi thời gian tới mạng máy tính.

18. Phương pháp theo điểm 17, trong đó việc phân phối lưới địa lý kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng sẽ đặt lưới kích hoạt cảm biến bên dưới lớp nền balát.

19. Phương pháp theo điểm 17, trong đó việc xử lý bởi bộ vi điều khiển, còn bao gồm việc tạo thông báo trạng thái dựa trên sự thay đổi trong tham số đo biến dạng cơ sở vượt quá tham số lượng biến đổi tối đa thu được từ các tín hiệu từ lưới địa lý được kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng.

20. Phương pháp theo điểm 17, trong đó việc truyền dữ liệu chuỗi thời gian còn bao gồm việc truyền tọa độ vị trí của tín hiệu mà bộ vi điều khiển nhận được.

21. Phương pháp theo điểm 17, còn bao gồm cả việc lọc tín hiệu, bởi bộ vi điều khiển, các tín hiệu, trong đó việc lọc cung cấp mẫu tín hiệu trong tập hợp các tham số.

22. Phương pháp theo điểm 17, còn bao gồm quá trình xử lý, bởi bộ vi điều khiển với vòng phản hồi, trong đó vòng phản hồi xử lý dữ liệu chuỗi thời gian trước đó.

23. Phương pháp theo điểm 17, trong đó việc nhận, bởi bộ vi điều khiển, nhận tín hiệu từ máy đo biến dạng.

24. Phương pháp theo điểm 17, trong đó việc nhận, bởi bộ vi điều khiển, nhận tín hiệu từ cảm biến độ uốn.

25. Phương pháp theo điểm 17, trong đó việc nhận, bởi bộ vi điều khiển, nhận tín hiệu từ cảm biến độ ẩm.

26. Phương pháp theo điểm 17, trong đó việc nhận, bởi bộ vi điều khiển, nhận tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ.

27. Phương pháp theo điểm 17, trong đó việc nhận, bởi bộ vi điều khiển, nhận tín hiệu từ gia tốc kế.

28. Phương pháp giám sát điều kiện và/hoặc sức khỏe của cơ sở hạ tầng, phương pháp bao gồm các bước:

 cài đặt lưới địa lý kích hoạt cảm biến trong cơ sở hạ tầng;

 cung cấp liên kết truyền thông qua hộp cảm biến và thiết bị cổng từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến tới mạng máy tính;

 giám sát thông tin, bao gồm ít nhất một tham số đo biến dạng cơ bản, tham số đo gia tốc kế và tham số lượng biến đổi tối đa, được truyền từ lưới địa lý kích hoạt cảm biến;

 phân tích thông tin từ lưới địa lý được kích hoạt cảm biến, trong đó phân tích xử lý thông tin bằng công cụ xử lý cơ sở hạ tầng; và

 xác định, bởi thiết bị máy tính, trong thông tin, tham số đo biến dạng cơ bản và thời điểm tham số lượng biến đổi tối đa bị vượt quá.

29. Phương pháp theo điểm 28, trong đó việc lắp đặt lưới địa lý kích hoạt cảm biến sẽ đặt máy đo biến dạng trên bề mặt của vật liệu lưới địa lý để phát hiện biến dạng trên lưới địa lý.

30. Phương pháp theo điểm 28, trong đó việc lắp đặt lưới địa lý kích hoạt cảm biến sẽ đặt cảm biến độ uốn trên bề mặt của vật liệu lưới địa lý để phát hiện độ uốn trên lưới địa lý.

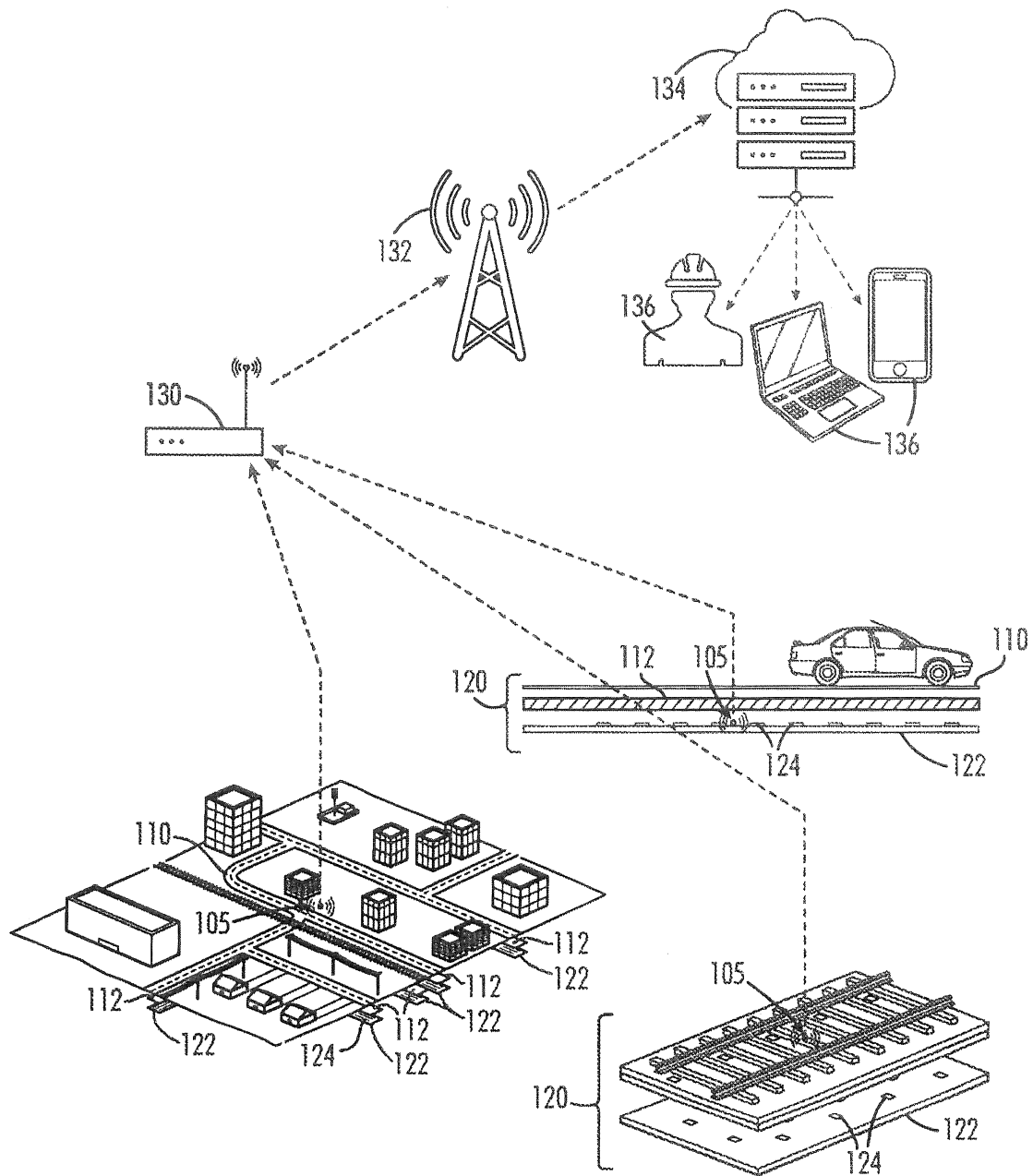


FIG.1

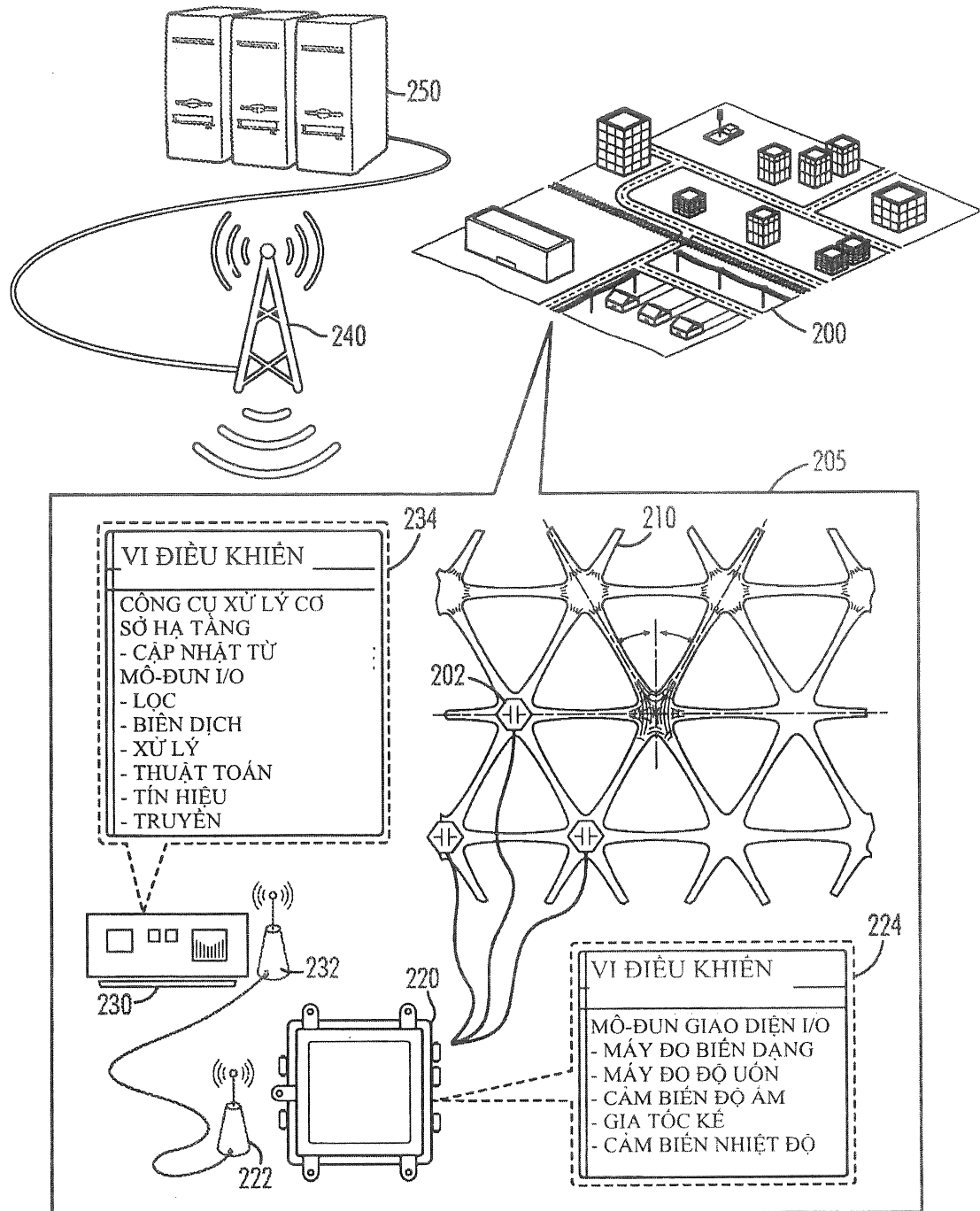


FIG.2

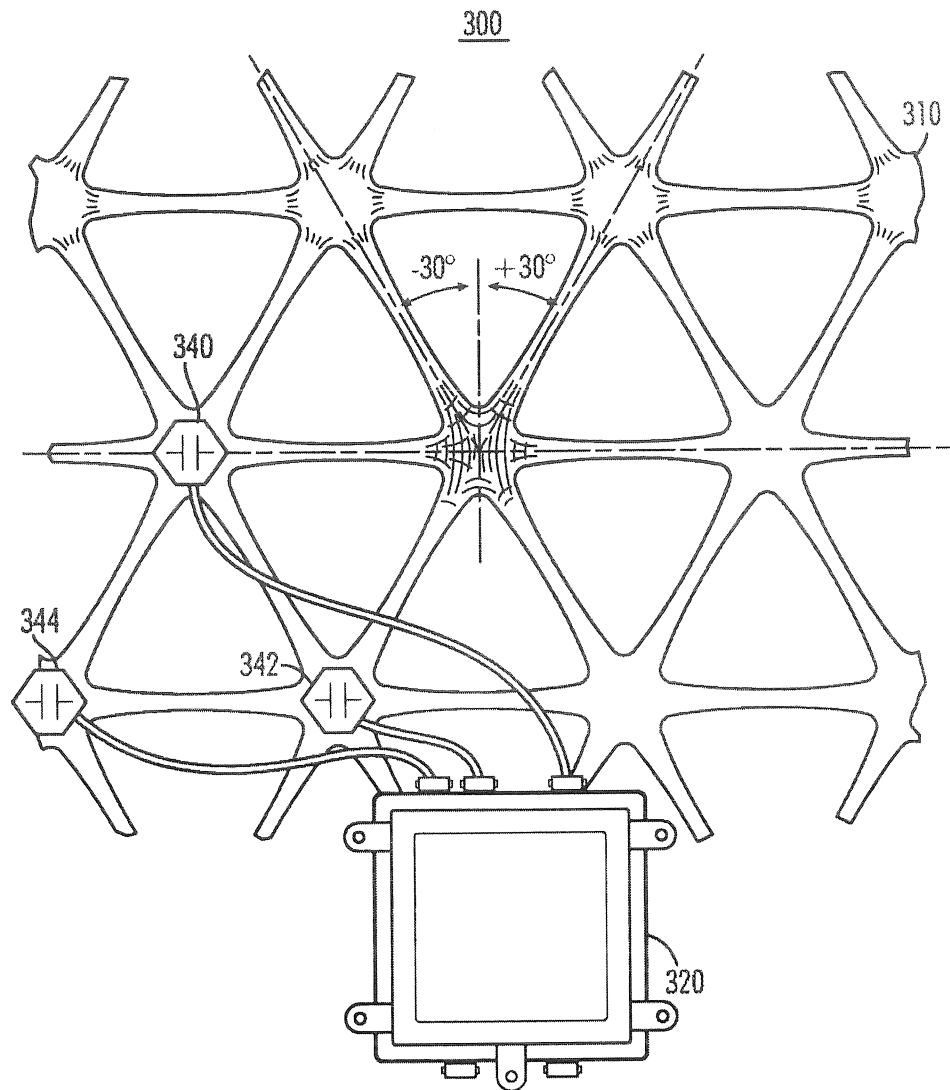


FIG. 3

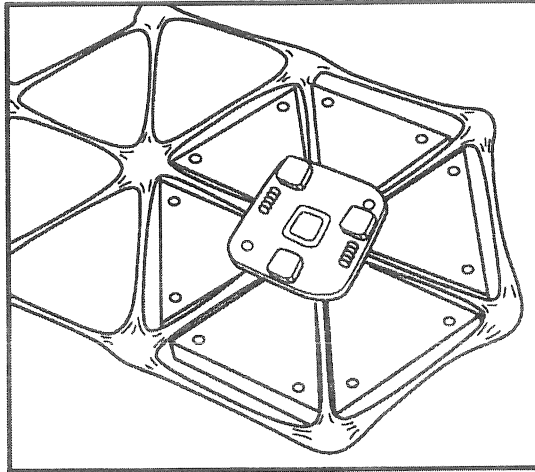


FIG. 4A

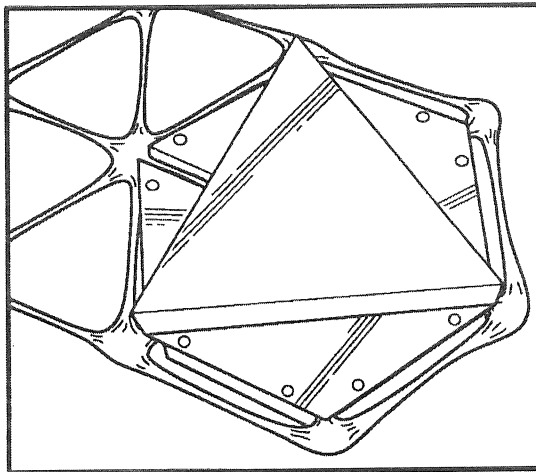


FIG. 4B

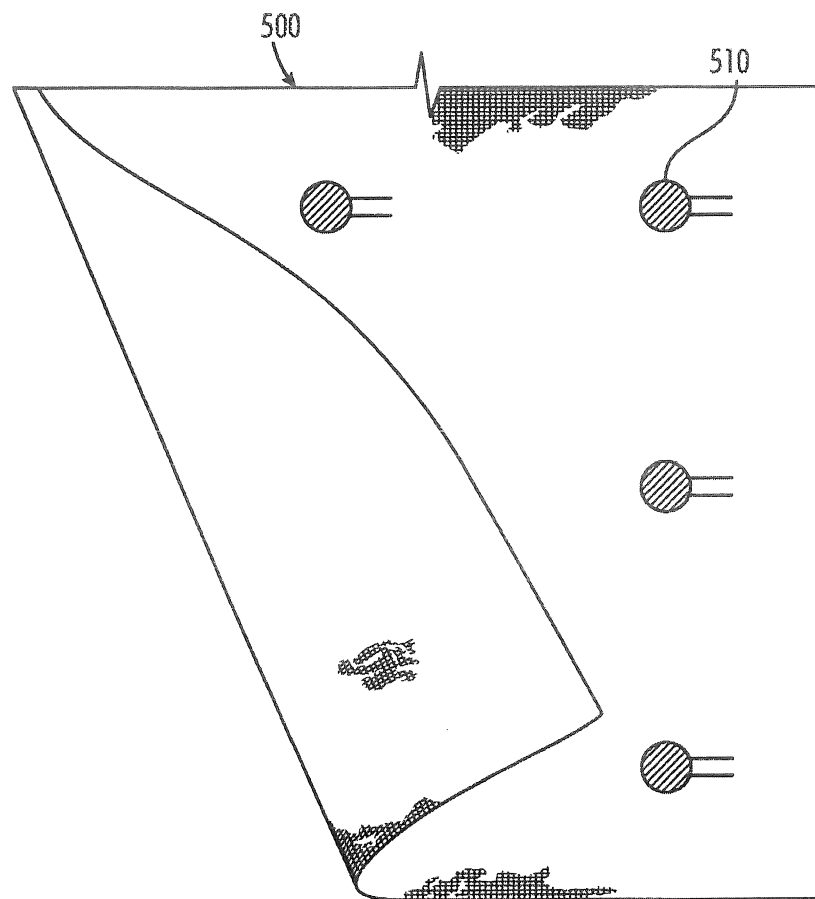


FIG. 5

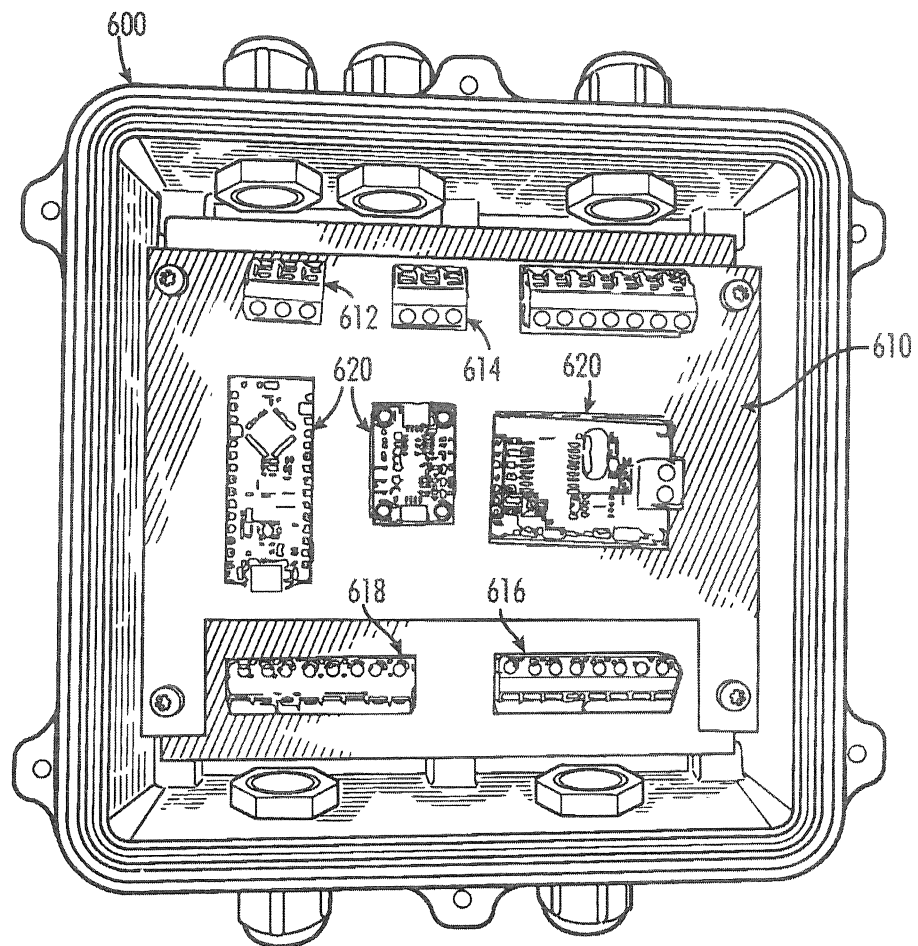


FIG. 6

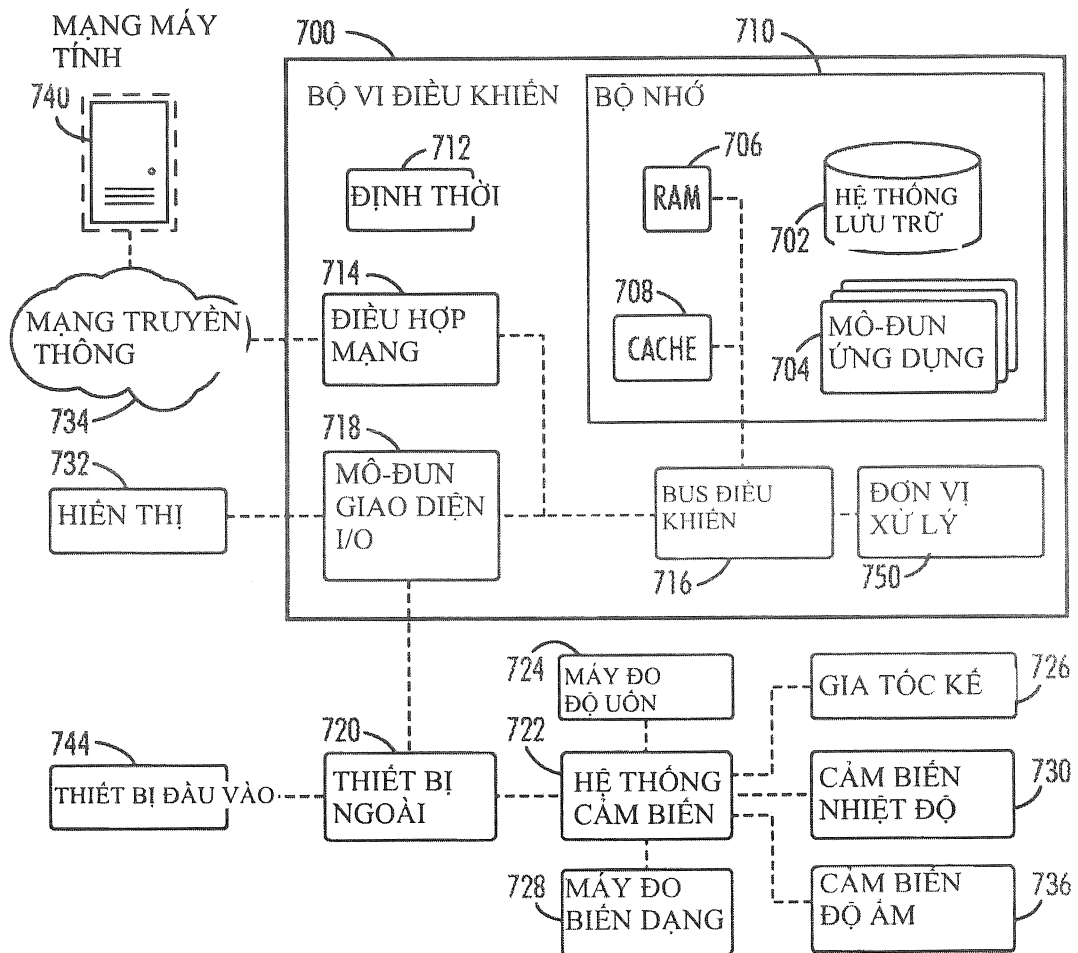


FIG. 7

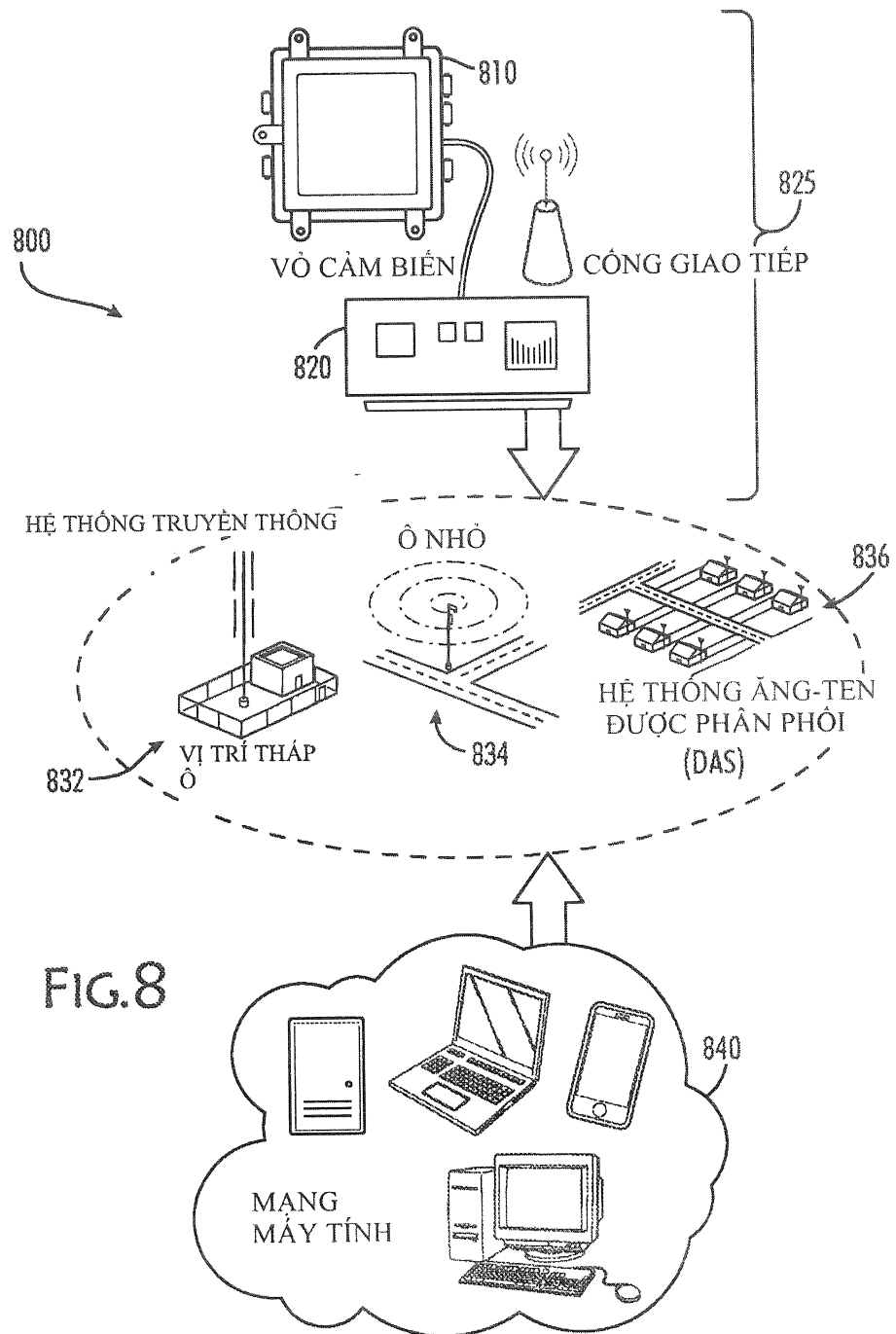


FIG.9A

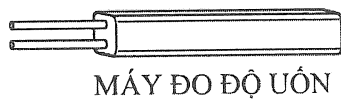


FIG.9B

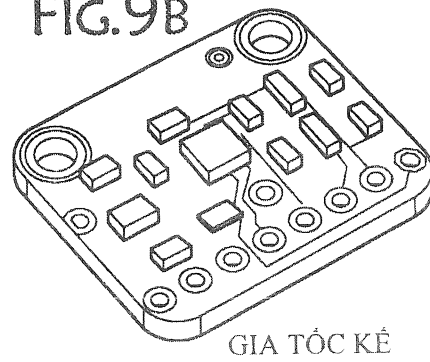


FIG.9C

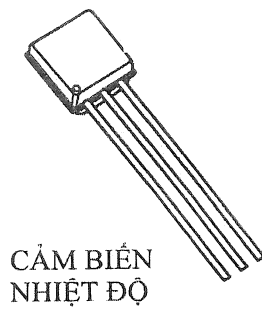


FIG.9D

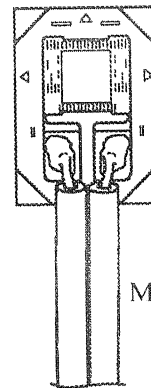
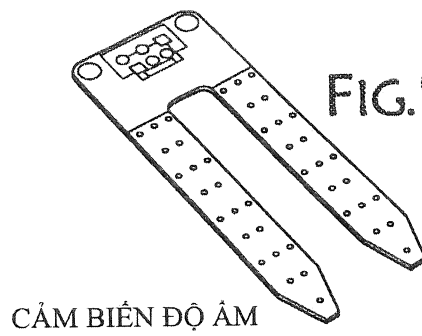


FIG.9E

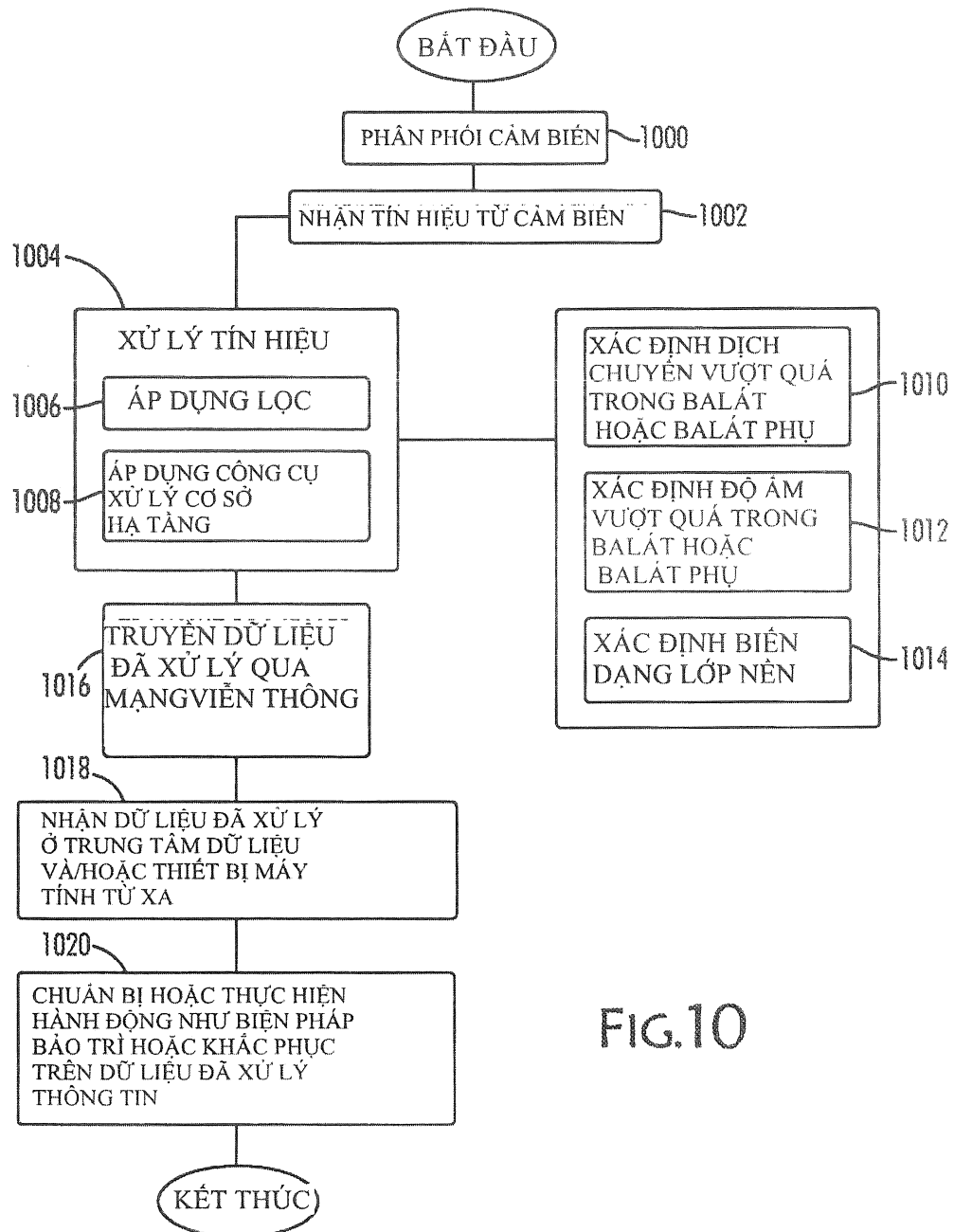


FIG.10

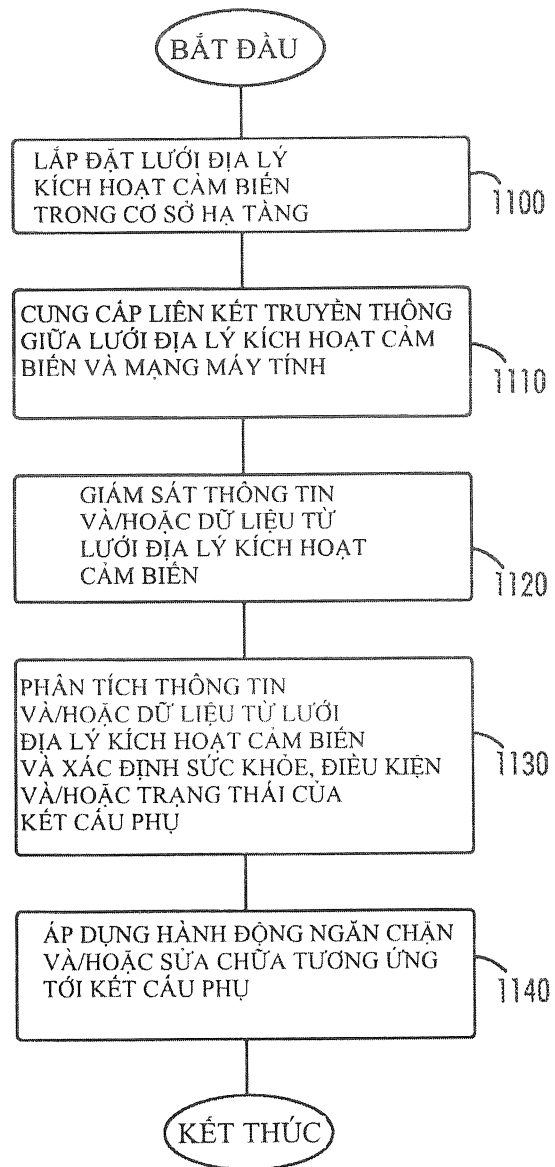


FIG.11

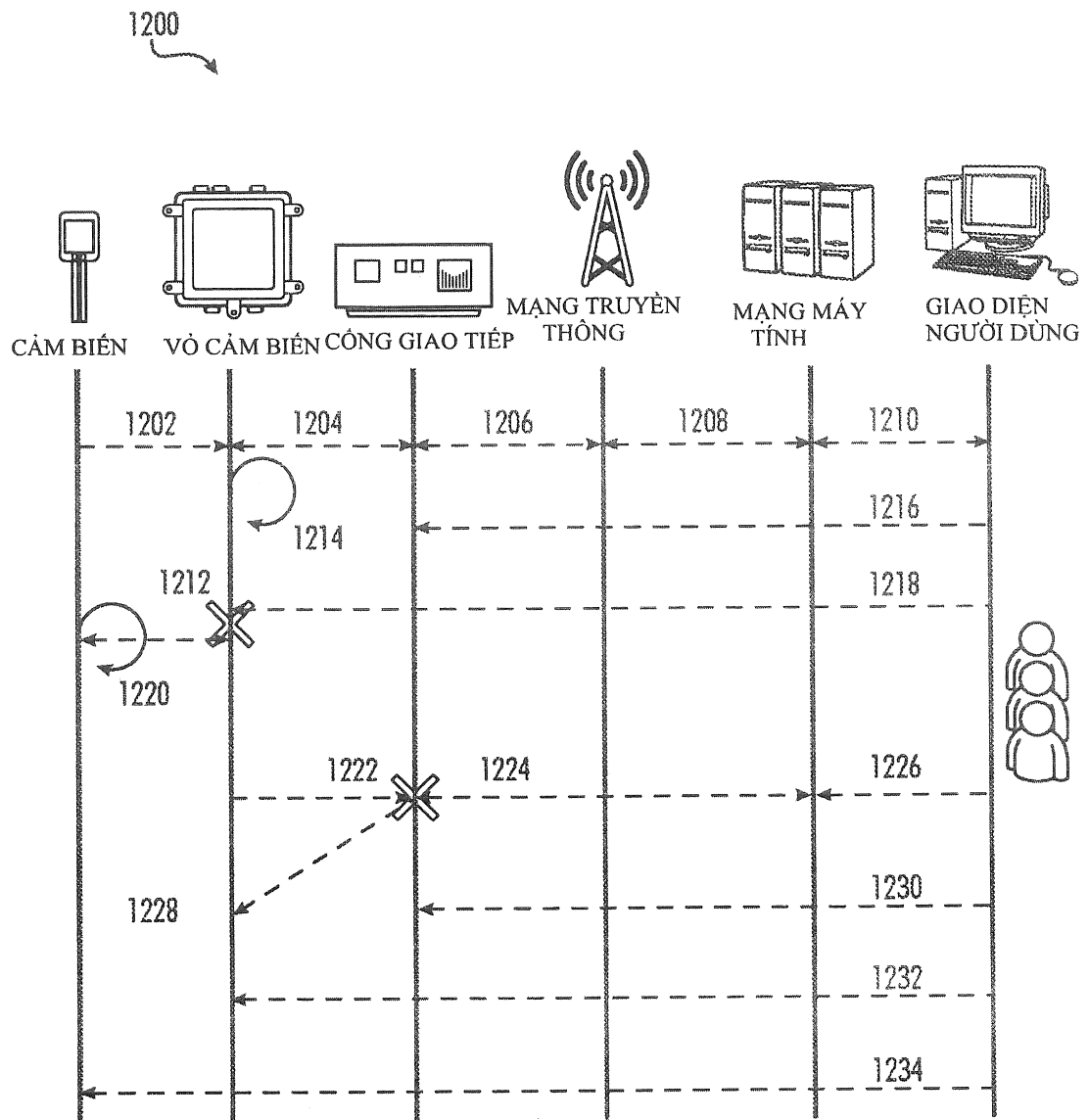


FIG.12

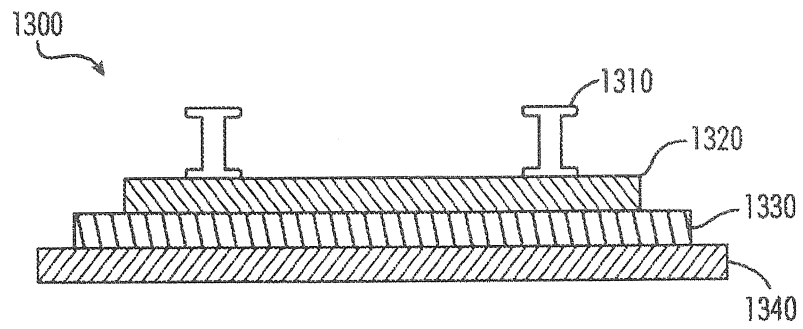


FIG.13A

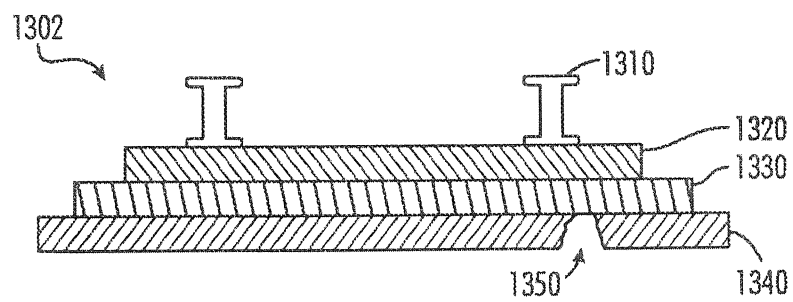


FIG.13B

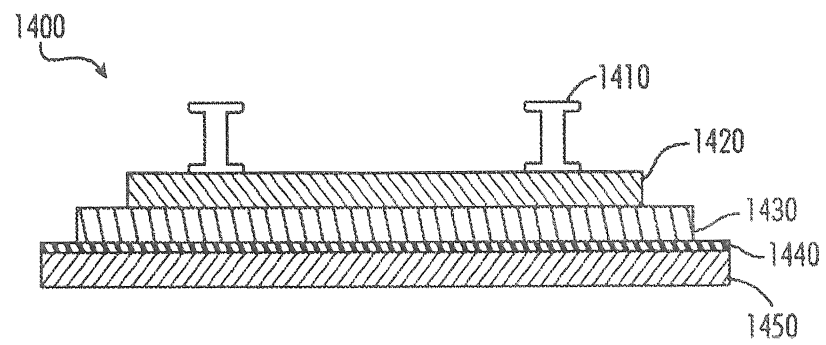


FIG.14A

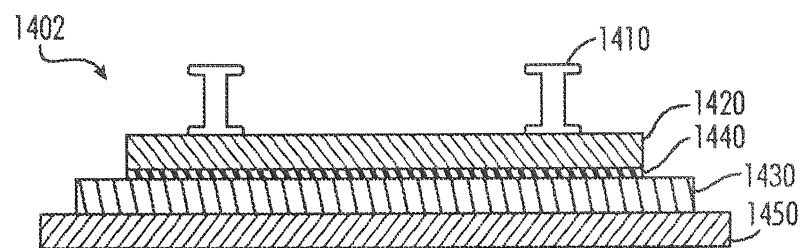


FIG.14B

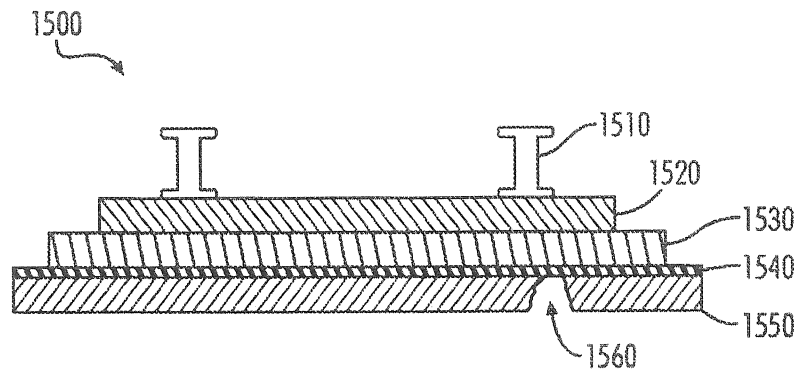


FIG.15A

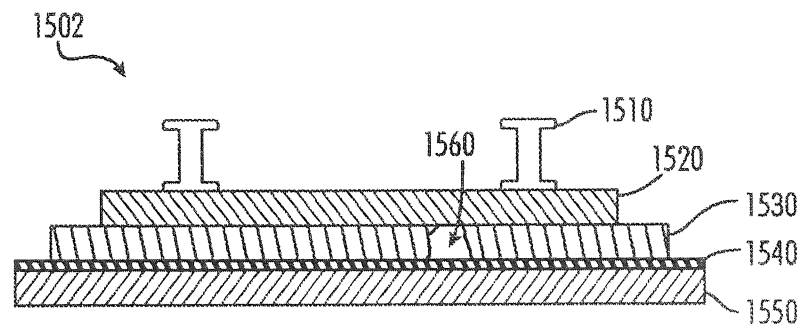


FIG.15B

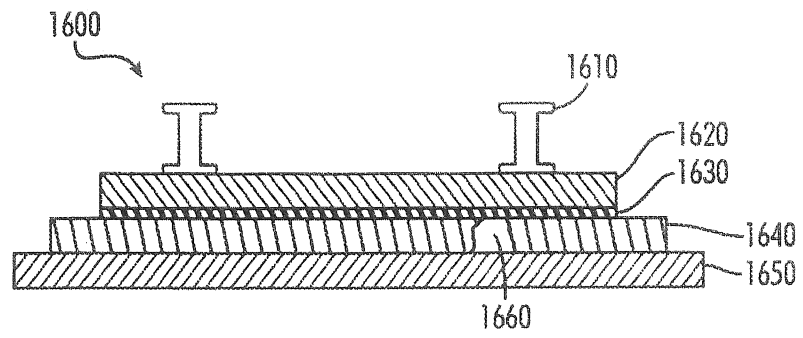


FIG.16A

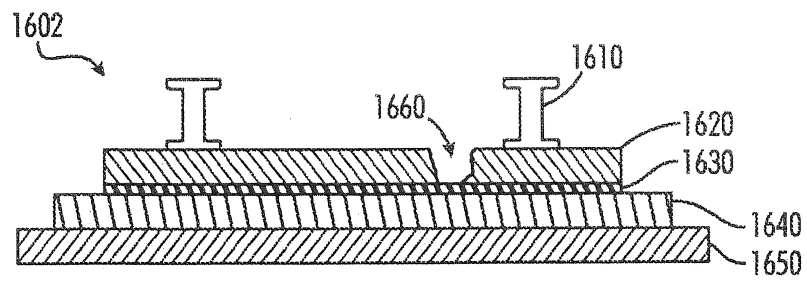


FIG.16B

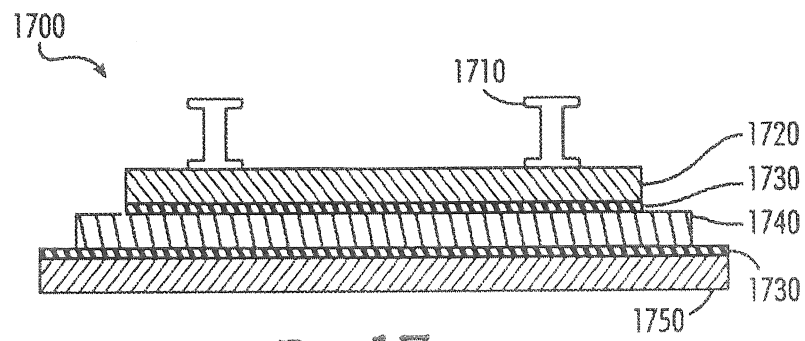


FIG. 17A

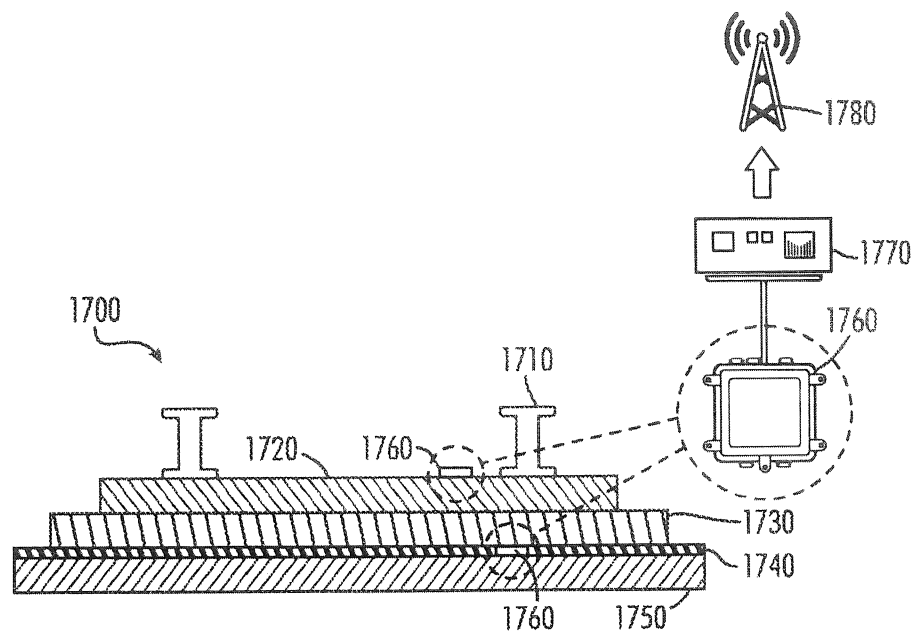


FIG. 17B

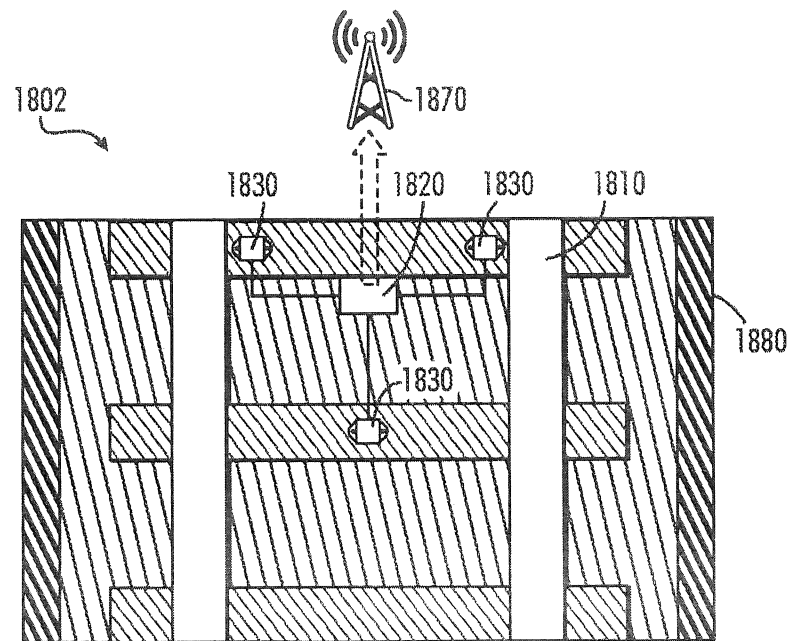
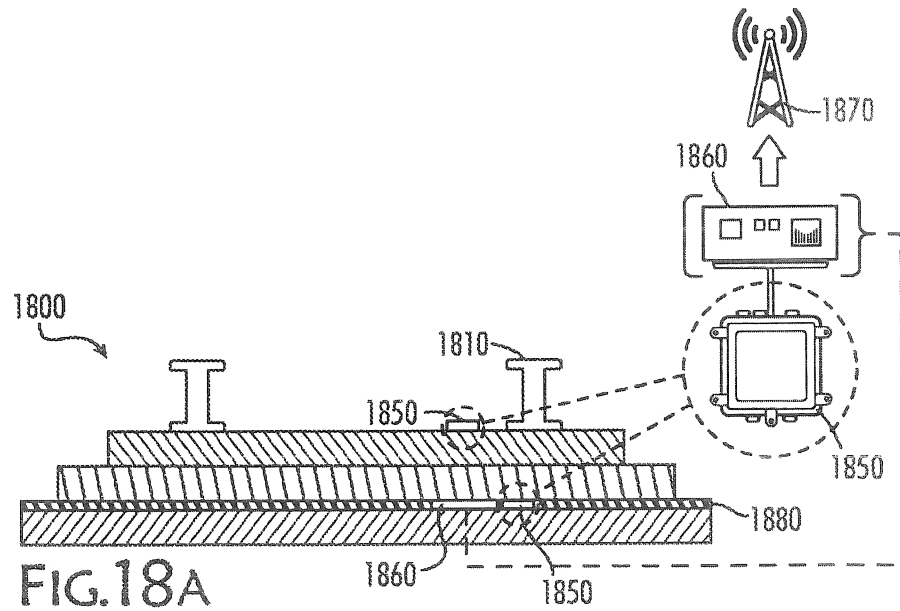


FIG. 18B

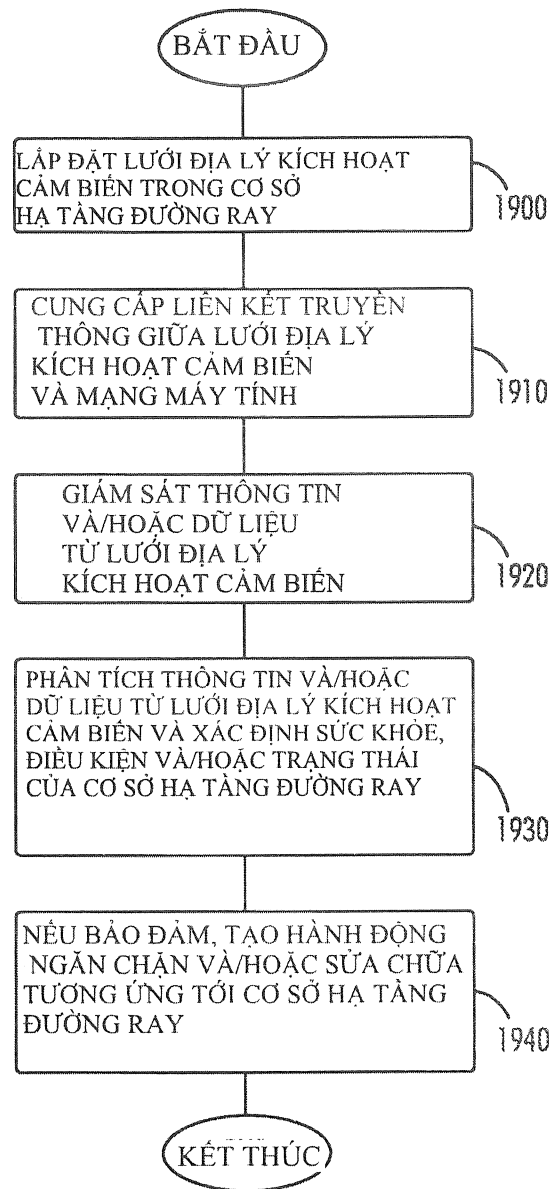


FIG.19

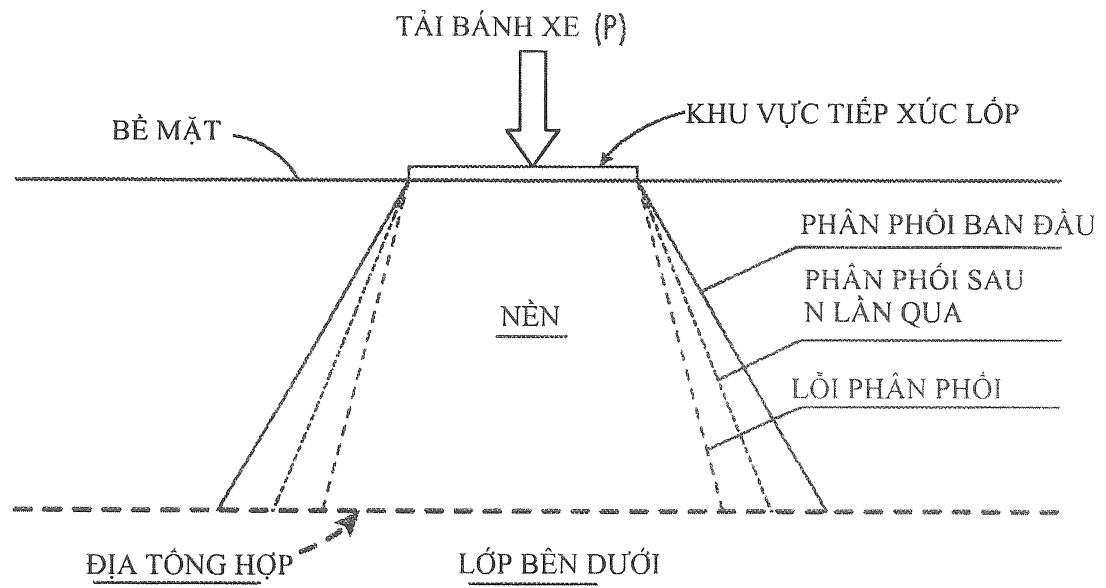


FIG.20

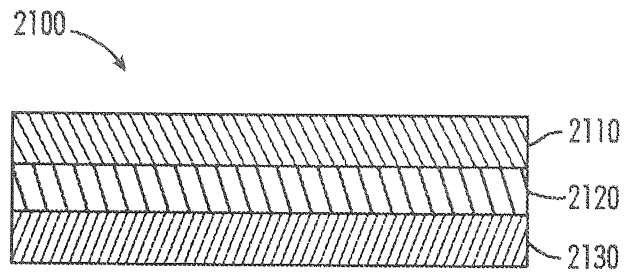


FIG.21A

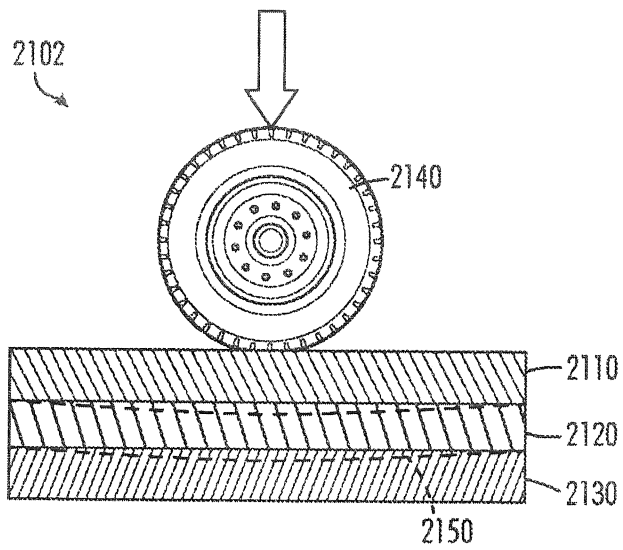


FIG.21B

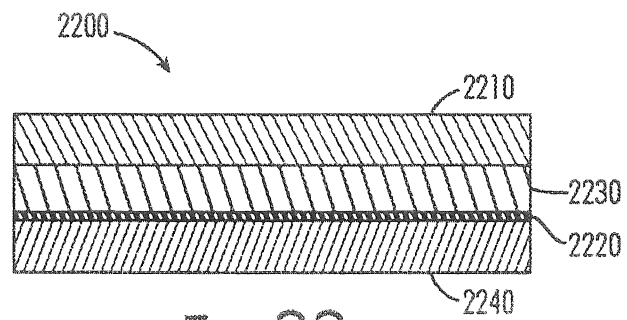


FIG. 22A

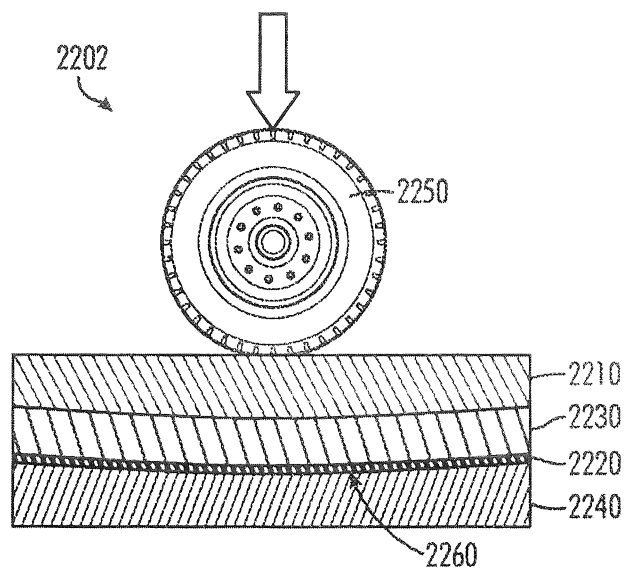


FIG. 22B



FIG.23

