



(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)



1-0026744

(51)⁷ G01V 1/38

(13) B

(21) 1-2015-02909

(22) 07/01/2014

(86) PCT/US2014/010472 07/01/2014

(87) WO 2014/110024 17/07/2014

(30) 61/751,766 11/01/2013 US; 13/829,210 14/03/2013 US

(45) 25/12/2020 393

(43) 25/12/2015 333A

(73) FAIRFIELD INDUSTRIES INCORPORATED (US)

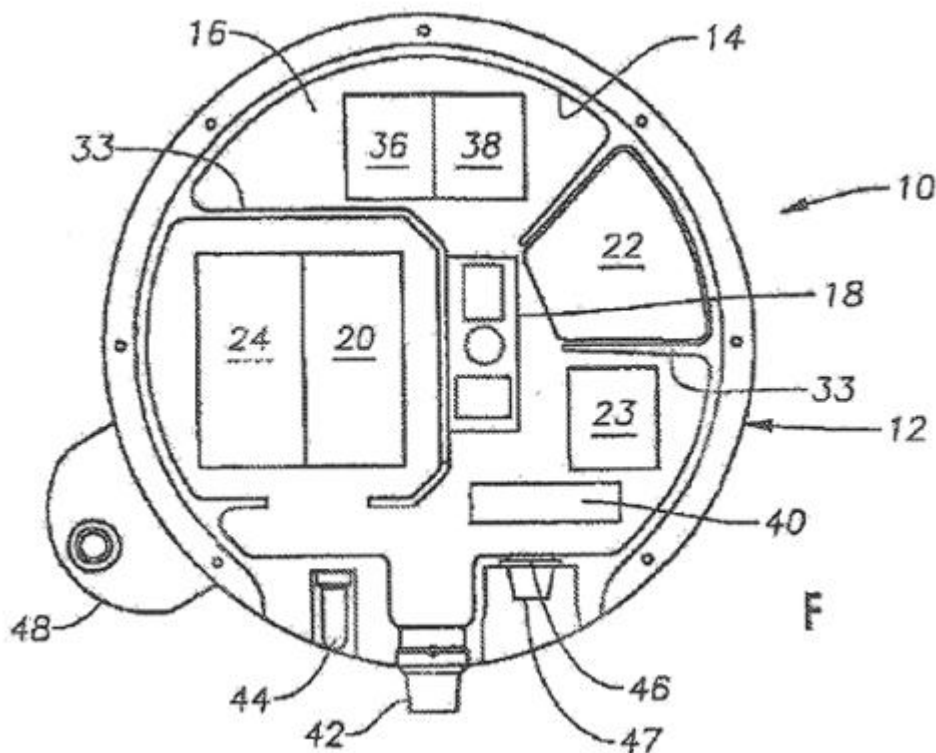
1111 Gillingham Lane, Sugar Land, Texas 77478, United States of America

(72) RAY, Clifford H. (US); MARC, Etienne (US); THOMPSON, James Nelson (US).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP TIỀN HÀNH KHẢO SÁT ĐỊA CHẤN

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp tiến hành khảo sát địa chấn bao gồm các bước: triển khai các nút cảm biến địa chấn ở các vị trí trong khu vực khảo sát; kích hoạt nhiều nguồn địa chấn; và sử dụng các nút cảm biến địa chấn để ghi các tín hiệu địa chấn được tạo ra đáp lại việc kích hoạt nhiều tín hiệu.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến phương pháp tiến hành khảo sát địa chấn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc thăm dò địa chấn thường sử dụng nguồn năng lượng địa chấn để tạo ra tín hiệu âm thanh lan truyền trong đất và có một phần được phản xạ bởi các mặt phản xạ địa chấn dưới mặt đất (tức là, các mặt phân cách giữa các lớp đá hoặc chất lỏng dưới mặt đất được đặc trưng bởi các tính chất đàn hồi khác nhau). Các tín hiệu phản xạ (được gọi là “các phản xạ địa chấn”) được phát hiện và ghi bằng các thiết bị thu địa chấn đặt trên mặt đất hoặc ở gần mặt đất, nhờ đó tạo ra bản đồ khảo sát địa chấn dưới sâu. Sau đó, các tín hiệu hoặc dữ liệu năng lượng địa chấn đã ghi có thể được xử lý để thu được thông tin liên quan đến các hệ tầng đá dưới mặt đất, xác định các đặc trưng, ví dụ như các ranh giới hệ tầng đá dưới mặt đất.

Thông thường, các thiết bị thu địa chấn được bố trí thành một dãy, trong đó dãy thiết bị thu địa chấn gồm một chuỗi các thiết bị thu được phân bố trên một tuyến để ghi dữ liệu từ mặt cắt địa chấn phía dưới tuyến thiết bị thu. Để thu dữ liệu trên một khu vực rộng lớn hơn và để tạo ra dạng biểu diễn ba chiều cho một hệ tầng, thì nhiều chuỗi thiết bị thu có thể được bố trí cạnh nhau, từ đó tạo ra một mạng lưới thiết bị thu. Thông thường, các thiết bị thu trong một dãy được đặt cách xa nhau hoặc trải rộng. Khi khảo sát địa chấn trên đất liền, ví dụ, có hàng trăm đến hàng nghìn thiết bị thu, gọi là đầu thu sóng địa chấn trên đất, có thể được triển khai theo cách phân tập không gian, như cấu trúc lưới thông thường trong đó mỗi dãy dài 1600 mét có các máy dò đặt cách nhau 50 mét và các dãy liên tiếp cách nhau 500 mét. Khi khảo sát địa chấn trên biển, cáp thu kéo theo sau tàu có các thiết bị thu, gọi là đầu thu sóng địa chấn dưới nước, gắn vào cáp có thể dài tới 12.000 mét được kéo phía sau tàu.

Thông thường, vài thiết bị thu được nối song song với nhau trên một cặp dây xoắn để tạo thành một nhóm hoặc kênh thiết bị thu. Trong quá trình thu thập dữ liệu, tín hiệu đầu ra từ mỗi kênh được số hoá và ghi để sau đó phân tích. Các nhóm thiết bị thu thường được nối với cáp dùng để truyền thông với các thiết bị thu và truyền dữ liệu thu được đến các thiết bị ghi đặt ở vị trí trung tâm. Cụ thể hơn, khi các hoạt động

khảo sát như vậy được tiến hành trên đất liền, cáp viễn trắc để truyền dữ liệu được dùng cho các máy đo cần nối với nhau bằng cáp. Các hệ thống khác sử dụng phương pháp truyền thông không dây để truyền dữ liệu, cho nên các máy đo riêng biệt không được nối với nhau. Các hệ thống khác nữa tạm thời lưu trữ dữ liệu cho đến khi dữ liệu được lấy ra.

Mặc dù quy trình cơ bản để phát hiện và ghi các phản xạ địa chấn là giống nhau trong các môi trường khảo sát trên đất liền và trên biển, nhưng môi trường trên biển có các vấn đề riêng do khối nước nằm phía trên mặt đất, đáng lưu ý nhất là sự tác động của áp suất cao dưới tầng nước sâu và sự tác động của môi trường ăn mòn là nước biển. Ngoài ra, ngay cả việc triển khai và thu hồi đơn giản cũng trở nên phức tạp vì phải thực hiện các hoạt động trên boong tàu thăm dò địa chấn, ở đó các yếu tố bên ngoài như tác động của sóng, thời tiết và không gian hạn chế có thể ảnh hưởng lớn đến các hoạt động.

Theo một phương pháp thăm dò địa chấn biển thông thường, các hoạt động địa chấn được tiến hành trên mặt nước. Tàu biển kéo các cáp thu trên đó có gắn các đầu thu sóng địa chấn dưới nước để phát hiện năng lượng được phản xạ lại qua độ sâu nước. Cáp thu thường bao gồm các chuỗi đầu thu sóng địa chấn dưới nước, các dây dẫn điện khác, và vật liệu tạo ra sức nổi gần như trung tính. Cáp thu được chế tạo sao cho nổi gần mặt nước. Các tàu biển giống nhau hoặc tương tự kéo các nguồn phát ra năng lượng âm thanh, như súng hơi, để phát ra các xung năng lượng truyền xuống đến các hệ tầng địa chất dưới sâu nằm dưới nước.

Các hệ thống được bố trí trên đáy biển cũng đã được sử dụng trong nhiều năm qua. Các hệ thống này thường được gọi là hệ thống cáp trên đáy biển (“OBC”: *Ocean Bottom Cabling*) hoặc hệ thống máy thu địa chấn trên đáy biển (“OBS”: *Ocean Bottom Seismometer*). Giải pháp kỹ thuật đã biết tập trung vào ba nhóm chính của các hệ thống đo địa chấn trên đáy biển để đo các tín hiệu địa chấn ở đáy biển. Loại hệ thống thứ nhất là hệ thống OBC, tương tự như cáp thu kéo theo sau tàu, gồm có dây cáp chứa các đầu thu sóng địa chấn trên đất và/hoặc các đầu thu sóng địa chấn dưới nước và nằm trên đáy biển, tại đó các máy đo được nối với nhau bằng cáp viễn trắc. Thông thường, tàu khảo sát địa chấn sẽ triển khai cáp ở mũi tàu hoặc đuôi tàu và thu hồi cáp ở đầu đối diện của tàu. Các hệ thống OBC như vậy có thể có nhược điểm liên quan đến cấu trúc vật lý của cáp. Ví dụ, khi các đầu thu sóng địa chấn trên đất ba chiều được sử

dụng, vì cáp và các đầu thu sóng địa chấn trên đất không được bám chặt vào lớp trầm tích trên đáy biển, nên sự dịch chuyển theo phương nằm ngang không phải là sự dịch chuyển do lớp trầm tích gây ra, như, sự dịch chuyển, ví dụ, do các dòng hải lưu gây ra, có thể tạo ra các tín hiệu sai. Trong trường hợp này, vì có cấu trúc trải dài, nên các hệ thống OBC có xu hướng có sự kết nối thích hợp chỉ dọc theo trục chính của cáp khi cố gắng ghi dữ liệu sóng ngang. Ngoài ra, phải có ba tàu để tiến hành các hoạt động đó vì, ngoài tàu chở nguồn phát ra năng lượng địa chấn, thì còn phải có tàu được trang bị đặc biệt để triển khai cáp và một tàu khác để ghi dữ liệu. Tàu ghi dữ liệu thường được gắn cố định với cáp trong khi tàu triển khai cáp thường dịch chuyển liên tục dọc theo tuyến cáp triển khai và thu hồi thiết bị thu. Vì tàu ghi dữ liệu có sự tiếp xúc vật lý liên tục với cáp, nên phải cố gắng duy trì vị trí của tàu, sự tác động của sóng và các dòng hải lưu có thể tạo ra sức ép lớn trong cáp, làm tăng khả năng đứt cáp hoặc làm hỏng thiết bị, và còn gây nhiễu tín hiệu trong cáp. Cuối cùng, các hệ thống cáp như vậy có mức vốn đầu tư cao và thường tốn kém chi phí khi vận hành.

Loại hệ thống ghi dữ liệu địa chấn thứ hai là hệ thống OBS, trong đó các bộ cảm biến và các thiết bị điện tử được neo xuống đáy biển. Hệ thống này số hoá các tín hiệu và thường sử dụng dây cáp để truyền dữ liệu đến thiết bị vô tuyến gắn với cáp neo và nổi trên mặt nước. Sau đó, bộ truyền nổi trên mặt nước sẽ truyền dữ liệu đến tàu ở trên mặt biển, ở đó dữ liệu địa chấn sẽ được ghi. Thường phải triển khai nhiều bộ phận khi khảo sát địa chấn.

Loại hệ thống ghi dữ liệu địa chấn thứ ba là hệ thống OBS được gọi là thiết bị ghi địa chấn trên đáy biển (*SSR: Seafloor Seismic Recorder*). Các thiết bị này có các bộ cảm biến và các thiết bị điện tử được đặt trong vỏ kín, và ghi các tín hiệu trên đáy biển. Dữ liệu được lấy ra khi thu hồi các thiết bị này từ đáy biển. Các thiết bị loại này thường được tái sử dụng. Sáng chế tập trung vào loại thiết bị SSR cho các hệ thống OBS.

Loại thiết bị SSR cho các hệ thống OBS thường có một hoặc nhiều bộ cảm biến thu sóng địa chấn trên đất và/hoặc bộ cảm biến thu sóng địa chấn dưới nước, nguồn điện, thiết bị ghi dữ liệu địa chấn, đồng hồ dao động tinh thể, mạch điều khiển, và, trong trường hợp sử dụng các đầu thu sóng địa chấn trên đất có khớp các đăng và ghi dữ liệu sóng ngang, thì hệ thống này còn có la bàn hoặc khớp các đăng. Ngoài điện năng được cung cấp từ nguồn bên ngoài qua cáp, nguồn điện thường là bộ pin. Đối với

các hệ thống OBS đã biết sử dụng pin gắn liền, khác với trường hợp nối dây dẫn với bên ngoài để cấp điện, pin đã biết là pin chì-axit, kiểm hoặc không nạp lại được. Tất cả các hệ thống OBS đã biết thường bắt buộc là các thiết bị riêng biệt phải được mở ra để bảo trì, kiểm tra quản lý chất lượng và lấy dữ liệu ra. Ví dụ, việc lấy dữ liệu ra từ các thiết bị theo giải pháp kỹ thuật đã biết bắt buộc là thiết bị phải được mở ra về mặt vật lý hoặc tháo ra để lấy dữ liệu. Tương tự, thiết bị cũng phải được mở ra để thay pin đã cạn.

Với chức năng định thời của hệ thống OBS, việc đồng bộ hoá giữa định thời dữ liệu cảm biến và kích nổ nguồn năng lượng địa chấn hoặc nguồn nổ có ý nghĩa quan trọng để ghép sự kiện hoạt động của nguồn địa chấn với sự kiện phản xạ. Trước đây, các loại đồng hồ dao động tinh thể được sử dụng trong các hệ thống OBS để thực hiện chức năng này. Các đồng hồ loại này tương đối rẻ tiền và chính xác. Tuy nhiên, một nhược điểm của các loại đồng hồ dùng trong các giải pháp kỹ thuật đã biết là ở chỗ các tinh thể dễ bị ảnh hưởng bởi các hiệu ứng hấp dẫn và nhiệt độ. Các hiệu ứng hấp dẫn và nhiệt độ có thể gây ra sự dịch chuyển tần số trong tần số dao động, nên gây ra sai số cho dữ liệu địa chấn. Ngoài ra, vì các tinh thể dễ bị ảnh hưởng bởi các hiệu ứng hấp dẫn, nên sự định hướng của hệ thống OBS có thể ảnh hưởng đến hoạt động của đồng hồ. Vì đồng hồ thường được treo bên trong hệ thống OBS sao cho được đặt đúng hướng khi hệ thống OBS được định hướng chính xác trên đáy biển, mọi tình trạng định hướng sai của hệ thống OBS trên đáy biển đều có thể làm cho đồng hồ thiếu chính xác. Cuối cùng, các loại đồng hồ như vậy thường được đặc trưng bởi độ trôi và các mức dịch chuyển thời gian do sự thay đổi nhiệt độ và sự già hoá của đồng hồ, điều này lại có thể gây ra sự thiếu chính xác cho dữ liệu địa chấn đã ghi. Mặc dù có thể thực hiện việc hiệu chỉnh toán học cho dữ liệu có tính đến sự già hóa do nhiệt độ và sự dịch chuyển thời gian, nhưng không có thiết bị đã biết nào hiệu chỉnh các hiệu ứng hấp dẫn ảnh hưởng đến đồng hồ tinh thể. Đa số các thiết bị đã biết chỉ hiệu chỉnh các hiệu ứng liên quan đến nhiệt độ tác động đến đồng hồ tinh thể.

Các hệ thống OBS hiện đại hơn cũng có thể có thiết bị cơ học để hiệu chỉnh độ nghiêng, gọi là khớp các đăng. Khớp các đăng là thiết bị cho phép dịch chuyển góc tự do theo một hoặc nhiều chiều và được dùng để xác định hướng của hệ thống OBS trên đáy biển. Sau đó, dữ liệu định hướng được tạo ra bởi khớp các đăng có thể được dùng để điều chỉnh dữ liệu địa chấn đã ghi bằng các đầu thu sóng địa chấn trên đất. Đối với

các hệ thống đã biết sử dụng khớp các đăng, khớp các đăng chủ yếu được tích hợp dưới dạng là một phần của đầu thu sóng địa chấn trên đất, được gọi là “đầu thu sóng địa chấn trên đất có khớp các đăng”. Một nhược điểm của các khớp các đăng cơ học dùng trong các giải pháp kỹ thuật đã biết là cho phép thiết bị có hướng góc hạn chế. Ví dụ, ít nhất một trong số các thiết bị đã biết cho phép khớp các đăng quay 360° nhưng hạn chế bước quay của khớp các đăng là 30° . Đối với thiết bị này, để cho các khớp các đăng đã biết thực hiện đúng chức năng, thì bản thân hệ thống OBS phải đứng trên đáy biển ở đúng tư thế mong muốn. Đối với hệ thống OBS không được định hướng ít nhất là gần như theo phương nằm ngang, như đứng trên một mặt hoặc lộn ngược, khớp các đăng cơ học dùng trong giải pháp kỹ thuật đã biết có thể không thực hiện đúng chức năng. Các thiết bị dùng khớp các đăng khác có bản chất cơ học không bị hạn chế ở bước quay 30° , tuy nhiên, trong các thiết bị dùng khớp các đăng cơ học như vậy, sự ẩm cơ học trong thiết bị có thể làm suy giảm độ trung thực của tín hiệu ghi. Cuối cùng, khớp các đăng dùng trong đầu thu sóng địa chấn trên đất đắt tiền và cần có thêm nhiều không gian hơn so với đầu thu sóng địa chấn trên đất không dùng khớp các đăng. Đối với các hệ thống OBS sử dụng nhiều đầu thu sóng địa chấn trên đất, không thể lắp khớp các đăng trong các đầu thu sóng địa chấn trên đất do quy định về kích thước và không gian.

Liên quan đến sự định hướng, vị trí của hệ thống OBS trên đáy biển là cần thiết để hiểu chính xác dữ liệu địa chấn được ghi bằng hệ thống này. Độ chính xác của dữ liệu được xử lý phụ thuộc một phần vào độ chính xác của thông tin vị trí dùng để xử lý dữ liệu. Vì các thiết bị định vị thông thường như hệ thống định vị toàn cầu (*GPS: Global Positioning System*) không hoạt động được trong môi trường nước, nên các phương pháp thông thường đã biết để thiết lập vị trí của các hệ thống OBS trên đáy biển bao gồm hệ thống định vị dưới mặt nước. Ví dụ, với hệ thống định vị dưới mặt nước, thiết bị OBS có thể phát ra âm thanh “ping” để xác định vị trí của nó. Trong mọi trường hợp, độ chính xác của dữ liệu được xử lý phụ thuộc trực tiếp vào độ chính xác khi xác định vị trí của hệ thống OBS. Do đó, rất mong muốn sử dụng các phương pháp và thiết bị tạo ra thông tin vị trí đáng tin cậy.

Trong trường hợp này, rất mong muốn đảm bảo đạt được sự định vị các thiết bị OBS trên đáy biển theo đúng kế hoạch.

Liên quan đến sự hoạt động của các hệ thống OBS nêu trên, các hệ thống đã biết

thường cần có một số lệnh điều khiển được tạo ra từ bên ngoài để khởi động và thu dữ liệu trong mỗi lần kích nổ. Do đó, các thiết bị thu địa chấn phải được kết nối vật lý với trạm ghi điều khiển trung tâm hoặc “kết nối” bằng phương pháp liên kết không dây. Như đã nêu trên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ hiểu rằng, một số môi trường có thể có sự thử thách khắc nghiệt đối với các phương pháp thông thường để kết nối và điều khiển máy đo, như khu vực đóng băng hoặc khu vực biển nước sâu, khu vực núi đá lởm chởm và rừng rậm. Cũng có thể phát sinh khó khăn trong trường hợp dải thiết bị thu được dịch chuyển định kỳ để bao phủ một khu vực rộng lớn hơn.

Bất kể như thế nào, thì mỗi loại kết nối, dù là qua cáp vật lý hay là qua phương pháp liên kết không dây, cũng đều có nhược điểm riêng của nó. Trong các hệ thống viễn trắc dùng cáp, các dải cáp thu lớn hoặc dài tạo ra một khối lượng lớn cáp dẫn điện đắt tiền và khó để xử lý, triển khai hoặc, theo cách khác, thao tác. Trong các trường hợp sử dụng cáp dưới đáy biển, môi trường ăn mòn và áp suất cao thường đòi hỏi phải bọc cáp tôn kém ở mức nước sâu trên 152 mét (= 500 feet). Ngoài ra, cáp thông thường cũng phải có sự kết nối vật lý giữa cáp và bộ cảm biến. Vì thường là không thể nối dây cứng cho các bộ cảm biến trên cáp, nên phương pháp thông dụng hơn là gắn cáp với các bộ cảm biến bằng cách sử dụng các dây nối bên ngoài giữa cáp và bộ cảm biến. Điểm nối giữa cáp và bộ cảm biến rất dễ hư hỏng, đặc biệt là trong môi trường biển có tính chất ăn mòn và áp suất cao. Đương nhiên là, với các hệ thống được nối với nhau bằng cáp vật lý, thì sẽ dễ dàng hơn nhiều khi cấp điện cho các bộ cảm biến, đồng bộ hoá các bộ cảm biến với thời điểm kích nổ và đồng bộ hoá các bộ cảm biến với nhau và, theo cách khác, điều khiển các bộ cảm biến.

Cần lưu ý rằng, bất kể hệ thống được nối bằng cáp hay bằng liên kết không dây, trong đó cần nối cáp với bên ngoài để kết nối bộ cảm biến của thiết bị với các gói ghi dữ liệu và/hoặc viễn trắc bằng sóng vô tuyến của bộ phận này, thì vẫn có nhiều nhược điểm đã nêu ở trên. Cụ thể, các hệ thống OBS đã biết gồm có các gói hoặc bộ phận cảm biến và ghi/viễn trắc bằng sóng vô tuyến riêng biệt được lắp đặt trên giá đỡ. Các bộ phận riêng biệt này có các đầu nối bên ngoài được nối cáp với nhau, phát sinh nhiều vấn đề giống như phương pháp nối cáp từ hệ thống điều khiển trung tâm trên mặt biển. Lý do chính cần phân tách giữa các bộ cảm biến, tức là, các bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất, và phần còn lại của các thiết bị điện tử là cần phải đảm bảo rằng các

đầu thu sóng địa chấn trên đất được gắn với đáy biển một cách có hiệu quả.

Trong các trường hợp công nghệ không dây được sử dụng hoặc sự hoạt động của các bộ cảm biến được lập trình trước, thì việc điều khiển các bộ cảm biến sẽ phức tạp hơn. Ví dụ, việc đảm bảo rằng thời điểm ghi được đồng bộ hoá với thời điểm kích nổ là vấn đề quan trọng vì các bộ cảm biến riêng biệt không được nối dây với nhau như đã nêu trên. Vì vậy, cần có đồng hồ gắn bên trong chính xác như nêu trên. Về mặt này, việc kích hoạt mỗi thiết bị để cảm biến và ghi ở thời điểm thích hợp phải trùng với thời điểm kích nổ. Việc đảm bảo rằng các thiết bị được cung cấp đủ điện năng cũng là vấn đề cần quan tâm trước đây. Nhiều patent đã biết tập trung vào các kỹ thuật và cơ chế để cấp điện cho các bộ cảm biến khi thu và ghi dữ liệu và ngừng cấp điện cho các bộ cảm biến trong khoảng thời gian không hoạt động.

Có nhiều cố gắng đã được thực hiện để khắc phục một số nhược điểm nêu trên. Ví dụ, thiết bị ghi địa chấn trên đáy biển được mô tả trong patent Mỹ số 5,189,642. Patent này mô tả khung dài, đứng thẳng được tạo bởi các tấm hình tròn nằm ngang đặt cách nhau được nối với nhau bằng các chi tiết chân nối thẳng đứng. Mỗi chi tiết chân nối được tạo ra ở dạng các ống lồng nhau có thể trượt tương đối so với nhau và được gắn với nhau bằng cơ cấu kẹp. Vòng balát được gắn tháo lắp được với tấm bên dưới. Bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất cũng được gắn lên tấm bên dưới. Phao nổi được gắn lên tấm bên trên. Bộ phận điều khiển được kéo dài dài xuống từ tấm bên trên. Bộ phận điều khiển chứa nguồn điện, thiết bị ghi dữ liệu địa chấn, la bàn và mạch điều khiển. Dây nối cứng bên ngoài nối điện giữa bộ phận điều khiển và bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất. Hệ thống không sử dụng liên kết truyền thông nối dây với trạm giám sát trên mặt nước nhưng sử dụng phương tiện âm thanh hoặc phương tiện lập trình trước để điều khiển thiết bị. Khi được thả xuống nước, vòng balát giúp tạo ra khối lượng đủ để giữ cho hệ thống đứng thẳng và giữ các đầu thu sóng địa chấn trên đất chạm đáy biển ở tư thế đứng yên. Để làm giảm đến mức thấp khả năng đầu thu sóng địa chấn trên đất bị tạp nhiễu do sóng hoặc sự chuyển động của dòng nước tác động lên phao và thiết bị điều khiển, khi hệ thống bám xuống đáy biển, thì cơ chế kẹp trên mỗi chân nối sẽ được thả ra, để cho phép thiết bị điều khiển và phao trượt lên phía trên của các chân lồng nhau, cách ly các đầu thu sóng địa chấn trên đất với các phần còn lại của hệ thống. Khi hoàn thành việc ghi dữ liệu địa chấn, vòng balát được tháo ra khỏi khung, và hệ thống nổi lên mặt biển nhờ sức nổi dương của vòng balát. Bộ chuyển đổi tín hiệu âm thanh,

tín hiệu báo hiệu vô tuyến và ánh sáng nhấp nháy được dùng để cho phép định vị và thu hồi hệ thống.

Một hệ thống khác để ghi dữ liệu địa chấn biển được mô tả trong patent Mỹ số 6,024,344. Patent này đề cập đến phương pháp triển khai và định vị các thiết bị ghi dữ liệu địa chấn dưới nước sâu. Từ tàu trên mặt biển, thiết bị ghi dữ liệu được gắn vào dây nửa cứng sẽ được triển khai dưới nước. Do tính chất cứng của dây này, nên chức năng của dây là tạo ra khoảng cách cố định giữa các thiết bị ghi khi các thiết bị ghi và dây chìm xuống đáy biển. Dây này cũng tạo ra cơ chế nối điện để cấp điện hoặc truyền tín hiệu giữa các thiết bị ghi cạnh nhau và giữa các thiết bị ghi và tàu. Khi các thiết bị ghi được đặt vào đúng vị trí, các thiết bị ghi này được kích hoạt bằng đồng hồ được cài đặt trước hoặc bằng cách sử dụng tín hiệu điều khiển được truyền qua nước hoặc qua dây. Khi hoàn thành việc thu thập dữ liệu, dây và các thiết bị ghi được thu hồi. Việc triển khai được thực hiện bằng cách sử dụng động cơ cáp đặt trên tàu ở mặt biển. Như được thể hiện trên Fig.1 của patent này, việc triển khai diễn ra ở đuôi tàu khi tàu chạy theo hướng ra xa dây và các thiết bị ghi. Patent này cũng đề cập đến yêu cầu cần sắp xếp các thiết bị ghi theo thứ tự lần lượt để tạo điều kiện thuận lợi cho việc triển khai và theo dõi vị trí của hệ thống OBS trên đáy biển trong quá trình thu thập dữ liệu.

Hãng GeoPro giới thiệu hệ thống OBS độc lập, tức là, không dùng cáp, bao gồm quả cầu bằng thủy tinh có đường kính 430 mm, trong đó chứa tất cả các thiết bị điện cho hệ thống, bao gồm pin, thiết bị tạo ra tín hiệu báo hiệu vô tuyến, thiết bị ghi dữ liệu địa chấn, hệ thống phát ra âm thanh, đầu thu sóng địa chấn dưới nước ở khu vực biển sâu và ba đầu thu sóng địa chấn trên đất có khớp các đăng. Quả cầu này được lắp trên tấm trượt gia trọng chống lại sức nổi của quả cầu và neo hệ thống OBS xuống đáy biển. Các đầu thu sóng địa chấn trên đất được bố trí ở đáy của quả cầu cạnh tấm trượt. Để thu hồi hệ thống OBS khi hoàn thành việc thu thập dữ liệu, tín hiệu lệnh bằng âm thanh được truyền đến quả cầu và được phát hiện bằng đầu thu sóng địa chấn dưới nước ở khu vực biển nước sâu. Tín hiệu này kích hoạt hệ thống phát ra âm thanh làm cho quả cầu tách ra khỏi tấm trượt gia trọng giữ nó bám xuống đáy biển. Nhờ vào sức nổi dương của quả cầu, hệ thống nổi tự do nổi lên mặt biển, ở đó thiết bị tạo ra tín hiệu báo hiệu vô tuyến truyền tín hiệu để định vị và thu hồi quả cầu. Một nhược điểm của cấu trúc cụ thể này là ở chỗ các đầu thu sóng địa chấn trên đất không được nổi trực tiếp với đáy biển. Hơn nữa, mọi tín hiệu địa chất được ghi bằng các đầu thu sóng địa

chấn trên đất đều phải truyền qua tấm trượt và đáy của quả cầu, và khi làm như vậy thì, tín hiệu sẽ bị tạp nhiễu và các dạng méo khác như đã nêu trên. Cần lưu ý rằng, cấu trúc này tiêu biểu cho nhiều hình dạng như hình trụ và hình cầu được sử dụng trong các giải pháp kỹ thuật đã biết vì thường thấy là hình dạng như vậy có hiệu quả cao hơn trong việc chịu được áp suất cao thường xảy ra trong môi trường biển.

Hãng K.U.M. và SEND giới thiệu hệ thống OBS không dùng cáp bao gồm khung có thanh ở đỉnh và tạo nên giá ba chân ở đáy. Thiết bị nổi dùng hạt xốp được gắn lên thanh này. Neo được gắn cố định vào phần dưới của giá ba chân và giữ khung bám sát đáy biển. Các hình trụ tạo áp suất lắp trên phần giá ba chân của khung chứa các thiết bị ghi dữ liệu địa chấn, pin và hệ thống phát ra âm thanh. Đầu thu sóng địa chấn dưới nước được gắn lên khung để thu các tín hiệu lệnh từ mặt biển và kích hoạt hệ thống phát ra âm thanh. Tay cần trục lắp bằng chốt cũng được gắn lên khung để gắn ở dạng tháo lắp được với bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất. Trong khi triển khai, tay cần trục này ban đầu được giữ nguyên ở tư thế thẳng đứng với bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất được gắn lên đầu tự do của tay này. Khi khung chạm đến đáy biển, tay cần trục tháo chốt ra khỏi khung và thả bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất trên đáy biển cách hệ thống khung khoảng 1 mét. Dây nổi cứng cho phép nối điện giữa bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất và các thiết bị ghi. Bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất có dạng đĩa không đối xứng với đường kính khoảng 250 mm, đĩa này là có hình dạng phẳng ở một mặt và hình vòm ở mặt đối diện. Mặt phẳng của bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất được tạo các rãnh khía và tiếp xúc với đáy biển khi được thả ra bằng tay cần trục. Khi hoàn thành việc thu thập dữ liệu, tín hiệu âm thanh kích hoạt hệ thống thu hồi, ra lệnh cho neo được tách ra khỏi hệ thống khung. Thiết bị nổi dùng hạt xốp làm cho hệ thống khung và đầu thu sóng địa chấn trên đất nổi lên mặt biển, ở đó hệ thống này có thể được tìm thấy bằng cách sử dụng tín hiệu báo hiệu vô tuyến và được thu hồi.

Hãng SeaBed Geophysical đưa ra thị trường hệ thống OBS không dùng cáp có tên thương mại là CASE. Hệ thống này bao gồm bộ phận điều khiển, tức là, bộ thiết bị điện tử, và nút hoặc bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất được nối với nhau bằng cáp. Cả bộ phận điều khiển và nút được lắp trên khung dài. Bộ phận điều khiển bao gồm phần thân dạng ống chứa pin, đồng hồ, thiết bị ghi và bộ phát đáp/môđem để truyền tín hiệu âm thanh dưới nước với mặt biển. Nút bao gồm các đầu thu sóng địa chấn trên đất, đầu thu sóng địa chấn dưới nước, đồng hồ đo độ nghiêng và chân đế thay thế được, trong

đó chân đế tạo nên hình trụ mở rộng xuống phía dưới ở bên dưới bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất. Nút có thể tháo được ra khỏi khung dài và bộ phận điều khiển, nhưng vẫn truyền thông với bộ phận điều khiển qua cáp nối bên ngoài. Việc sử dụng phần thân dạng ống giống như vậy tiêu biểu cho các cấu trúc đã biết vì việc đóng gói hệ thống phải được thiết kế sao cho chịu được áp suất cao mà thiết bị này phải chịu. Trong khi triển khai, toàn bộ thiết bị được thả xuống đáy biển, ở đó phương tiện được vận hành từ xa (tách riêng với hệ thống OBS) được dùng để tách nút ra khỏi khung và cắm nút này xuống đáy biển, ấn chân đế mở rộng xuống phía dưới xuống lớp trầm tích đáy biển. Khung dài này có vòng để có thể gắn vào cáp triển khai và thu hồi. Bộ biến đổi truyền thông và môđem được dùng để điều khiển hệ thống và truyền dữ liệu địa chấn lên mặt biển.

Mỗi thiết bị đã biết nêu trên đều có một hoặc nhiều nhược điểm của giải pháp kỹ thuật đã biết. Ví dụ, hệ thống OBS theo patent Mỹ số 5,189,642, cũng như các thiết bị của hãng GeoPro và hãng K.U.M./SEND là các hệ thống đứng thẳng, mỗi hệ thống có cấu trúc đứng thẳng, tương đối cao. Như vậy, dữ liệu địa chấn thu được bằng các hệ thống này bị tạp nhiễu do sự chuyển động của nước tác động lên các thiết bị. Ngoài ra, đã nhận thấy rằng, chuyển động trượt do sự dịch chuyển của đáy biển dưới hệ thống OBS có cấu trúc tương đối cao có thể làm cho hệ thống OBS lắc lư, nhất là khi chuyển động đó lan truyền từ đáy lên đỉnh của thiết bị, làm suy giảm độ trung thực của dữ liệu ghi. Ngoài ra, các thiết bị đã biết này đều có cấu trúc không đối xứng, cho nên chúng có thể được đặt theo một hướng duy nhất. Thông thường, sự định hướng này được thực hiện bằng cách gia trọng thật nặng một đầu của hệ thống OBS. Tuy nhiên, thiết bị như vậy chắc chắn phải đi qua quãng đường hàng trăm mét nước và tiếp xúc với đáy biển thường gồ ghề, không bằng phẳng có thể rải đầy các mảnh đất đá. Tất cả các yếu tố này có thể làm cho hệ thống không được đặt đúng hướng khi hệ thống này đứng trên đáy biển, do đó ảnh hưởng đến sự hoạt động của hệ thống. Ví dụ, trong trường hợp hệ thống OBS đã biết đứng trên cạnh của nó, thì các đầu thu sóng địa chấn trên đất sẽ hoàn toàn không gắn với đáy biển, khiến cho thiết bị không sử dụng được. Ngoài ra, hướng đặt không đúng có thể gây cản trở cơ chế phát ra âm thanh của hệ thống, gây khó khăn cho việc thu hồi hệ thống.

Cấu trúc tương đối cao của các hệ thống đã biết này cũng là điều không mong muốn vì các thiết bị này dễ bị vướng vào dây câu cá, lưới câu tôm, các loại cáp hoặc

các mảnh vụn khác có thể xuất hiện ở gần khu vực tiến hành hoạt động ghi dữ liệu địa chấn.

Mặt khác, các hệ thống đã biết có cấu trúc nhỏ hơn, như cáp trên đáy biển, có xu hướng là có khả năng kết nối kém hoặc cần có thêm sự hỗ trợ từ bên ngoài để đặt xuống đáy biển sử dụng phương tiện đất liền như các phương tiện được vận hành từ xa (*ROV: Remote-Operated Vehicle*). Ví dụ, hình dạng kéo dài của cáp trên đáy biển tạo ra sự kết nối “tốt” chỉ theo một hướng duy nhất, đó là hướng dọc theo trục chính của cáp. Hơn nữa, ngay cả theo hướng dọc theo trục chính, nhưng vì diện tích bề mặt nhỏ của phần tiếp xúc thực tế giữa cáp và đáy biển, nên sự kết nối có thể bị ảnh hưởng do đáy biển gồ ghề hoặc do các chướng ngại vật khác ở trên hoặc ở gần đáy biển.

Một nhược điểm nữa của các hệ thống đã biết này là cần phải kích hoạt và tắt các thiết bị khi ghi và hoạt động. Việc này thường đòi hỏi phải có tín hiệu điều khiển từ tàu trên mặt biển, thường được truyền bằng âm thanh hoặc truyền qua cáp nối từ mặt biển xuống đến thiết bị. Sự điều khiển từ bên ngoài thuộc loại bất kỳ là điều không mong muốn vì cần phải truyền tín hiệu và có thêm các bộ phận trong hệ thống. Mặc dù việc truyền bằng âm thanh có thể được sử dụng để truyền một số dữ liệu, nhưng thường khó tin cậy khi sử dụng cho mục đích đồng bộ hoá do không biết sự thay đổi quãng đường truyền. Đương nhiên là, kiểu nối cáp truyền tín hiệu điều khiển bất kỳ để truyền tín hiệu điện đều là không mong muốn vì sẽ làm tăng thêm mức độ phức tạp cho việc xử lý và điều khiển thiết bị này và đòi hỏi phải có bộ nối hoặc đầu dây nối bên ngoài. Bộ nối và đầu dây nối như vậy rất dễ bị hở và hư hỏng trong môi trường áp suất cao và có tính chất ăn mòn khi thăm dò địa chấn dưới biển sâu.

Một vấn đề tương tự nảy sinh đối với các thiết bị sử dụng dây điện bên ngoài để kết nối giữa các bộ phận phân tán của thiết bị, như được đề cập trong patent Mỹ số 5,189,642 và các thiết bị tương tự, trong đó bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất tách rời ra khỏi bộ thiết bị điện tử này. Ngoài ra, đối với các thiết bị điện tử trong hệ thống được phân bố, khả năng hư hỏng của hệ thống tăng cao.

Nhiều hệ thống đã biết cũng sử dụng thiết bị vô tuyến đo từ xa thay vì sử dụng thiết bị ghi dữ liệu gắn bên trong, để thu thập dữ liệu. Đương nhiên là, các hệ thống như vậy có những điểm hạn chế do các đặc trưng của việc truyền tín hiệu vô tuyến, như quy định hạn chế sử dụng phổ tần số vô tuyến, giới hạn tầm truyền xa, các vật cản

trên đường truyền thẳng, giới hạn của anten, giới hạn tốc độ dữ liệu, sự hạn chế về công suất, v.v..

Các hệ thống OBS sử dụng các thiết bị nổi để thu hồi là điều không mong muốn vì thiết bị nổi thông thường làm tăng thêm chi phí và mức độ phức tạp cho các hệ thống này, và thường phải được kích hoạt để thả các hệ thống lên mặt biển. Ngoài ra, các hệ thống này thường bỏ lại một phần hệ thống, đó là neo hoặc chân đế gia trọng, biến nó thành rác trên đáy biển. Trong khi triển khai, vì nổi tự do nên các hệ thống này khó giữ nguyên ở vị trí mong muốn trên đáy biển. Tuy nhiên, vì khả năng không hoạt động do đặt sai hướng như nêu trên, trong khi thu hồi, nên các hệ thống nổi tự do thường khó định vị và được gọi là lạc mất trên biển, mặc dù có tín hiệu vô tuyến hoặc tín hiệu báo hiệu vô tuyến. Tương tự, ở các vùng biển động, các thiết bị có vẻ khó móc và kéo lên boong tàu, thường va chạm với đáy hoặc vỏ tàu và có khả năng làm hỏng hệ thống này.

Trong trường hợp như vậy, việc xử lý các thiết bị, cả trong lúc triển khai và thu hồi, đều có vẻ khó khăn. Đối với hệ thống cáp cứng hoặc nửa cứng được sử dụng để giữ cố định khoảng cách và đặt từng thiết bị ghi riêng biệt, cáp như vậy không mềm, rất cứng và khó thao tác. Cáp như vậy không giúp ích cho việc điều chỉnh trong khi triển khai. Ví dụ, như đã nêu trên, sơ đồ bố trí dạng lưới mong muốn xác định các vị trí cụ thể cho các thiết bị riêng biệt theo tuyến. Nếu tàu triển khai cáp kéo hoặc, theo cách khác, làm cho cáp bị nằm lệch ra khỏi tuyến mong muốn, thì tàu chạy trên mặt biển phải điều chỉnh lại để làm cho cáp quay trở về đúng tuyến. Tuy nhiên, vì cáp có tính chất cứng, nên phần cáp đặt sai vị trí sẽ khiến cho các thiết bị còn lại trên cáp cũng bị lệch ra khỏi tuyến mong muốn.

Ngoài ra, các quy trình hiện thời dùng trong các giải pháp kỹ thuật đã biết để thu hồi cáp có xu hướng gây ra sức căng quá mức trên cáp. Cụ thể, phương pháp được sử dụng rộng rãi để thu hồi tuyến cáp từ đáy biển là lùi lại trên tuyến hoặc cho tàu chạy xuôi tuyến để thu hồi cáp trên mũi tàu. Cách làm này là không mong muốn vì vận tốc của tàu và vận tốc của ống cuộn cáp phải được điều chỉnh rất thận trọng để không kéo hoặc làm căng cáp quá mức. Việc điều chỉnh đó thường rất khó vì có nhiều yếu tố bên ngoài tác động lên tàu, như sự tác động của gió, sóng và dòng nước. Việc không kiểm soát được mức căng hoặc lực kéo cáp sẽ ảnh hưởng đến việc kéo toàn bộ chiều dài tuyến, cũng như các thiết bị gắn trên cáp, làm cho toàn bộ tuyến và tất cả các thiết bị bị

hư hỏng. Một nhược điểm nữa của phương pháp này là nếu tàu chạy quá nhanh, thì sẽ làm cho cáp bị chùng và cáp sẽ nổi lên ở phía dưới tàu, ở đó cáp có thể bị cuốn vào chân vịt của tàu.

Cuối cùng, các giải pháp kỹ thuật đã biết không mô tả hệ thống có boong tàu ở phía sau để xử lý các thiết bị OBS nêu trên, dù đó là nơi chứa đựng các thiết bị hay để triển khai và thu hồi các thiết bị. Vì kích thước của các dải thiết bị ghi dữ liệu địa chấn dưới nước sâu càng ngày càng dài hơn, nên nhu cầu cần có hệ thống bảo quản, theo dõi, thao tác và xử lý hàng nghìn thiết bị ghi tạo nên một dải thiết bị ghi như vậy sao cho có hiệu quả càng ngày càng cấp thiết hơn. Các tàu chạy trên biển là rất tốn kém, vì cần có nhân công làm việc trên các tàu đó. Việc có thêm người và tàu cũng làm tăng thêm khả năng xảy ra tai nạn hoặc thương tích, nhất là ở môi trường trên biển ở đó thời tiết có thể xấu đi rất nhanh.

Do đó, sẽ cần phải tìm ra hệ thống thu thập dữ liệu địa chấn không cần nổi cáp truyền thông/nối điện bên ngoài, từ bề mặt hoặc ngay trên bộ phận thu thập dữ liệu địa chấn, cũng như không cần loại tín hiệu điều khiển từ bên ngoài bất kỳ để hoạt động. Nói cách khác, thiết bị sẽ hoạt động trên cơ sở “thả xuống rồi bỏ mặc”. Tương tự, thiết bị này sẽ được bảo trì dễ dàng mà không cần phải mở thiết bị ra để thực hiện các thao tác như lấy dữ liệu ra, kiểm tra chất lượng và nạp lại nguồn. Thiết bị này cũng sẽ được thiết kế sao cho chịu được môi trường có tính chất ăn mòn và áp suất cao trong các ứng dụng trên biển ở khu vực nước sâu. Thiết bị này sẽ được tạo cấu hình sao cho giảm đến mức thấp nhất sự ảnh hưởng của tạp nhiễu xuất phát từ các dòng hải lưu, và tăng đến mức cao nhất sự gắn kết giữa thiết bị và đáy biển. Trong trường hợp như vậy, thiết bị này sẽ được thiết kế sao cho tự định hướng thích hợp để tăng tối đa khả năng bám khi thiết bị chạm đến đáy biển, mà không cần có sự hỗ trợ của thiết bị bên ngoài như các phương tiện ROV, và làm giảm đến mức thấp khả năng đặt sai hướng. Tương tự, thiết bị này sẽ ít có khả năng bị vướng hoặc mắc vào lưới câu tôm, dây câu cá và các loại tương tự khác.

Thiết bị này sẽ có cơ cấu định thời không bị ảnh hưởng bởi sự định hướng. Tương tự, sự định hướng sẽ không ảnh hưởng đến khớp các đăng của các đầu thu sóng địa chấn trên đất.

Thiết bị này sẽ được triển khai dễ dàng, có thể được đặt vào một vị trí nhất định

với độ chính xác cao. Tương tự, thiết bị này sẽ được thu hồi dễ dàng mà không cần có thiết bị nổi hoặc cơ cấu thả, cũng như các bộ phận của thiết bị không bị bỏ lại trên biển khi thu hồi. Ngoài ra, cần có thiết bị và phương pháp thu hồi làm giảm đến mức thấp nhất khả năng làm hỏng cáp nổi các thiết bị thu dữ liệu địa chấn do căng quá mức.

Cũng cần có hệ thống để dễ dàng xử lý hàng trăm hoặc hàng nghìn thiết bị ghi tạo nên dải thiết bị ghi để triển khai trong môi trường biển. Hệ thống như vậy sẽ có khả năng được triển khai, thu hồi, theo dõi, duy trì và bảo quản các thiết bị ghi riêng biệt trong khi giảm đến mức thấp nhất nhân lực và nhu cầu cần có thêm tàu chạy trên biển. Tương tự, hệ thống này sẽ giảm đến mức thấp nhất sự hư hỏng tiềm ẩn cho các thiết bị riêng biệt trong quá trình hoạt động như vậy. Tương tự, mong muốn là sẽ có được các thiết bị an toàn trong hệ thống để giảm đến mức thấp nhất nguy cơ gây hại cho nhân công khi xử lý các thiết bị ghi.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất hệ thống thu thập dữ liệu địa chấn trong môi trường trên biển bằng cách triển khai nhiều bộ phận cảm biến hoặc máy thu độc lập, không dây, hoạt động liên tục ở đáy biển, mỗi bộ phận này được đặc trưng bởi vỏ đối xứng có cấu trúc với chiều cao thấp, và đệm giảm va chạm bên ngoài độc đáo để gia tăng khả năng bám sát đáy biển và tránh bị mắc vào lưới đánh cá. Các máy thu được gắn với nhau bằng cách sử dụng cáp không dẫn điện, mềm, không cứng dùng để điều khiển việc triển khai các thiết bị này trong nước. Các máy thu được triển khai và thu hồi từ boong có cấu trúc độc đáo của tàu biển, trong đó boong tàu này có hệ thống băng chuyền và hệ thống xử lý để lắp và tháo từng máy thu riêng biệt ra khỏi cáp không cứng. Theo một phương án, như là một phần trong cấu trúc của boong tàu, các máy thu riêng biệt được giữ ngẫu nhiên theo kiểu hộp thu nhả tự động trong các giá có nhiều khe. Khi đặt vào trong khe của một giá, dữ liệu địa chấn được ghi trước đó bằng máy thu này có thể được thu hồi và máy thu có thể được nạp điện, kiểm tra, đồng bộ hoá lại, và sự hoạt động có thể được bắt đầu lại mà không cần phải mở máy thu. Theo phương án khác, các máy thu riêng biệt được giữ trong các băng chuyền quay kiểu ngăn xếp cho phép dữ liệu địa chấn đã được ghi trước đó bằng các máy thu sẽ được thu hồi và các máy thu sẽ được nạp điện, kiểm tra, đồng bộ hoá lại, và sự hoạt động có thể được bắt đầu lại mà không cần phải mở máy thu. Trong lúc triển khai và thu hồi, cáp không cứng và các máy thu gắn trên đó được xử lý sao cho làm giảm đến mức thấp nhất khả năng lực

căng tăng lên trong tuyến được triển khai do sự chuyển động của tàu kéo trên mặt nước. Hệ thống này bao gồm hệ thống cáp không cứng với cấu trúc độc đáo được thiết kế để tự động trượt sang ngang nếu có sức căng với mức độ nhất định tác động lên cáp.

Cụ thể hơn, mỗi bộ phận cảm biến riêng biệt bao gồm vỏ chống thấm dạng đĩa được tạo bởi hai tấm song song hình tròn được nối với nhau ở quanh chu vi của chúng bằng một vách thấp, nhờ đó tạo ra một kết cấu đối xứng quanh trục của các đĩa và có cấu trúc với độ cao rất thấp so với đường kính của các đĩa, giống như hình dạng bánh xe. Theo một số phương án, các đĩa này có thể được tạo ra với các hình dạng khác như hình lục giác hoặc bát giác mà cũng có thể tạo ra kết cấu đối xứng. Vỏ này được đỡ bên trong để giữ cho vỏ nguyên vẹn trước các tác động của áp lực bên ngoài và tạo ra sự liên kết cơ học cứng giữa vỏ của bộ phận này và các đầu thu sóng địa chấn trên đất. Theo một phương án thực hiện sáng chế, thiết bị được cấu tạo sao cho nó sẽ gắn với đáy biển một cách hiệu quả và thu thập dữ liệu địa chấn bất kể thiết bị này đang đứng trên mặt nào của đĩa, tránh được nhiều vấn đề về hướng của các giải pháp kỹ thuật đã biết. Các đĩa này có thể có các lần gợn sóng, các gờ nhô lên hoặc các đường rãnh để tăng thêm khả năng bám vào đáy biển.

Theo một phương án, xung quanh vách thấp của thiết bị có đệm giảm chấn có hình dạng mặt cắt ngang được thiết kế để đẩy thiết bị sang tư thế đứng trên một trong số các mặt của đĩa của kết cấu này, nhờ đó tạo ra mức độ bám sát cao giữa thiết bị và đáy biển. Theo ít nhất một phương án, đệm giảm chấn được bố trí và được thiết kế để giữ cho thiết bị không bị vướng hoặc mắc vào lưới câu tôm hoặc dây câu cá.

Thiết bị này sử dụng vài thiết bị khác nhau để nối với cáp. Theo một phương án, mỗi thiết bị có cơ cấu chốt xuyên tâm để cho phép thiết bị được gắn vào cáp. Theo phương án khác, đai buộc cáp nằm ở vị trí lệch tâm trên một mặt của vỏ. Theo phương án khác nữa, đai buộc cáp nằm ở vị trí đúng tâm trên một trong các đĩa hình tròn tạo nên vỏ của thiết bị.

Thiết bị này là một thiết bị độc lập cho nên tất cả các thiết bị điện tử được bố trí bên trong vỏ, bao gồm bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất đa hướng, thiết bị ghi dữ liệu địa chấn, nguồn điện và đồng hồ.

Theo một phương án thực hiện sáng chế, đồng hồ là đồng hồ rubiđi. Đồng hồ

rubidi rất ít bị ảnh hưởng bởi tác động của nhiệt độ hoặc lực hấp dẫn hoặc hướng của thiết bị trên đáy biển.

Theo phương án khác, thiết bị có đồng hồ tinh thể và đồng hồ đo độ nghiêng. Sự tác động của lực hấp dẫn lên đồng hồ tinh thể tốt hơn là được hiệu chỉnh bên trong thiết bị theo thời gian thực sử dụng dữ liệu của đồng hồ đo độ nghiêng.

Nguồn điện tốt hơn là pin có thể nạp lại được có thể hoạt động trong môi trường kín, như pin lithi ion.

Các bộ phận kết hợp với đồng hồ đo độ nghiêng cũng có thể sử dụng dữ liệu của đồng hồ đo độ nghiêng để thực hiện các chức năng khác với chức năng hiệu chỉnh đồng hồ tinh thể. Ví dụ, một khía cạnh của sáng chế sử dụng dữ liệu của đồng hồ đo độ nghiêng cho phương pháp khớp các đẳng toán học. Cụ thể, theo sáng chế, phương pháp nối khớp các đẳng của các đầu thu sóng địa chấn trên đất được thực hiện bằng phương pháp toán học sử dụng dữ liệu của đồng hồ đo độ nghiêng, và do đó, không phụ thuộc vào hướng của thiết bị giống như các khớp các đẳng cơ học.

Đương nhiên là, dữ liệu của đồng hồ đo độ nghiêng cũng có thể được dùng để xác định vị trí của thiết bị trên đáy biển giống như cách sử dụng thông thường dữ liệu này theo giải pháp kỹ thuật đã biết. Tuy nhiên, khác với các thiết bị đã biết, thiết bị theo một khía cạnh của sáng chế sẽ thu và sử dụng dữ liệu của đồng hồ đo độ nghiêng ở chế độ liên tục về thời gian. Các thiết bị đã biết thường chỉ xác định vị trí của thiết bị một lần khi bắt đầu ghi dữ liệu địa chấn. Tuy nhiên, đã quan sát thấy rằng, vị trí của thiết bị có thể thay đổi trong quá trình triển khai vì thiết bị chịu tác dụng của các ngoại lực như các dòng nước, lưới câu tôm và tương tự. Do đó, theo sáng chế, dữ liệu của đồng hồ đo độ nghiêng được đo dưới dạng hàm số theo thời gian. Việc này được thực hiện nhiều lần trong quá trình hoạt động cho nên dữ liệu địa chấn có thể được hiệu chỉnh khi cần.

Liên quan đến vấn đề hiệu chỉnh độ nghiêng, tín hiệu định thời hoặc loại dữ liệu tương tự khác có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của dữ liệu địa chấn thu được, tất cả các thiết bị đã biết đều thực hiện các hiệu chỉnh này ở trung tâm xử lý. Chưa có thiết bị nào trong số các thiết bị đã biết thực hiện các hiệu chỉnh này bên trong thiết bị khi đang được triển khai hoặc thậm chí là ngay ở trên tàu triển khai. Do đó, phương pháp theo sáng chế thực hiện các hiệu chỉnh này bên trong thiết bị trong khi đang được triển

khai.

Thiết bị này có thể còn có la bàn, đầu thu sóng địa chấn dưới nước, bộ chuyển đổi tín hiệu âm thanh để định vị và/hoặc một hoặc nhiều gia tốc kế. Dữ liệu từ la bàn có thể được dùng để tạo ra khung dữ liệu chuẩn cho mỗi thiết bị riêng biệt so với khung chuẩn trong toàn bộ quá trình khảo sát. Theo một phương án thực hiện sáng chế, các bộ cảm biến như gia tốc kế được dùng để theo dõi vị trí của thiết bị khi nó chìm xuống qua một độ sâu nước và nằm trên đáy biển. Cụ thể, các bộ cảm biến đó cung cấp dữ liệu dẫn hướng quán tính và ghi thông tin vị trí x, y và z khi thiết bị đang chìm xuống độ sâu nước này. Thông tin vị trí này, cùng với thông tin vị trí và vận tốc ban đầu, được dùng để xác định vị trí cuối cùng của thiết bị.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, thiết bị được kích hoạt khi đang ở trên boong tàu khảo sát địa chấn và được tắt khi đã được kéo lên khỏi mặt biển, sao cho nó liên tục thu dữ liệu từ trước khi triển khai đến sau khi thu hồi. Tương tự, theo một phương án, thiết bị bắt đầu ghi dữ liệu trước khi triển khai dưới nước. Do đó các hệ thống đã được kích hoạt và bắt đầu ghi dữ liệu trước khi triển khai dưới nước được ổn định trước khi cần phát hiện tín hiệu. Điều này làm giảm đến mức thấp nhất khả năng xảy ra trường hợp trạng thái hoạt động thay đổi của các thiết bị điện tử sẽ làm gián đoạn việc phát hiện và ghi tín hiệu.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, thiết bị ghi dữ liệu địa chấn có bộ nhớ vòng quanh (wrap around: ghi đè lên dữ liệu cũ) và liên tục ghi, ngay cả khi không sử dụng. Phương án này không cần có các lệnh khởi động hoặc bắt đầu, đảm bảo rằng thiết bị hoạt động ổn định ở thời điểm ghi mong muốn, và đảm nhận việc sao lưu dữ liệu từ những lần ghi trước cho đến thời điểm dữ liệu trước bị ghi đè lên. Miễn là đồng hồ được đồng bộ hoá, thì thiết bị ghi luôn sẵn sàng để triển khai ở thời điểm bất kỳ. Ngoài ra, các hoạt động thường xuyên như thu thập dữ liệu, kiểm tra quản lý chất lượng và nạp pin có thể diễn ra mà không làm gián đoạn việc ghi dữ liệu. Trong trường hợp thiết bị ghi liên tục như vậy, thiết bị này có thể được sử dụng trong môi trường trên đất liền hoặc trên biển.

Theo khía cạnh khác, sáng chế sử dụng cáp không cứng. Mặc dù dây thừng có thể đã được dùng trong các giải pháp kỹ thuật đã biết từ rất sớm làm cáp cho các thiết bị đo địa chấn nổi trên mặt biển, cho đến nay, đối với các hệ thống OBS được nối với

nhau, giải pháp đã biết chỉ sử dụng dây cáp cứng hoặc nửa cứng. Một trong những lý do dây cáp này được dùng cho các hệ thống OBS đã biết là vì cần nối điện giữa các hệ thống này. Tuy nhiên, theo sáng chế, cáp mềm, không cứng được sử dụng vì các máy thu, như đã nêu trên, hoạt động độc lập và không cần truyền thông hoặc kết nối với bên ngoài.

Cáp không cứng theo sáng chế tốt hơn là được chế tạo bằng vật liệu sợi tổng hợp, như polyeste, và được bọc trong vỏ đúc chèn khuôn bảo vệ, như vỏ bằng polyuretan. Theo một phương án, cáp không cứng được chế tạo bằng lõi polyeste gồm mười hai dải bện vào nhau. Vỏ đúc chèn khuôn này được tạo gờ hoặc rãnh để giảm sức cản trong nước.

Cáp không cứng theo sáng chế cũng có ích trong phương pháp triển khai độc đáo cho các máy thu. Cụ thể, cáp không cứng chỉ có sức nổi âm rất nhỏ. Khi được gắn giữa hai máy thu mỗi máy thu có sức nổi âm lớn hơn nhiều so với cáp, khi hai máy thu đã nổi này chìm xuống cột nước, nên lực cản tác động lên cáp không cứng sẽ lớn hơn nhiều so với lực cản tác động lên các thiết bị và do đó dây cáp đóng vai trò là cái dù hoặc phanh, làm chậm sự đi xuống của các máy thu và giữ cho các máy thu ở tư thế đứng thẳng. Điều này đặc biệt cần thiết trong các thiết bị cần phải đặt theo một hướng cụ thể, như các thiết bị có cấu trúc đệm giảm chấn không đối xứng, vì cáp, khi được cắm vào đầu nổi nằm ở chính giữa ở tấm trên, sẽ có chức năng duy trì sự định hướng của thiết bị khi chìm xuống nước và nằm trên đáy biển. Ngoài ra, vì cáp theo sáng chế không cứng, nên có sự chùng dây cáp ở giữa các máy thu cạnh nhau. Người vận hành tàu có thể sử dụng sự chùng dây này để điều chỉnh vị trí thả khi triển khai các máy thu.

Tương tự, cáp không cứng có ích cho phương pháp thu hồi độc đáo theo sáng chế, trong đó cáp được thu hồi ở phía đuôi tàu vì tàu “quay đầu” để cuộn ngược cáp. Để làm được như vậy, lực cản trên cáp được tạo ra bởi nước biến cáp thành hình cái dù hoặc hình cung ở phía sau tàu, làm giảm đến mức thấp nhất sự căng quá mức trên cáp và đảm bảo rằng cáp ít có khả năng bị vướng vào chân vịt của tàu.

Trên boong tàu khảo sát địa chấn, theo một phương án thực hiện sáng chế, hệ thống cất giữ bao gồm giá có các khe được bố trí thành nhiều hàng và cột để tiếp nhận các thiết bị riêng biệt. Mỗi khe có cổng truyền thông sao cho khi thiết bị được đặt vào khe, thì thiết bị này được kết nối qua giao diện với trạm điều khiển chính qua công

truyền thông. Qua cổng này, thông tin đã ghi trong thiết bị có thể được tải xuống, pin của thiết bị có thể được nạp lại, việc kiểm tra quản lý chất lượng cho thiết bị có thể được thực hiện, việc ghi có thể được bắt đầu lại và thiết bị có thể được kích hoạt lại. Theo phương án thực hiện khác của sáng chế, hệ thống cất giữ có các băng chuyển hình chữ U kiểu ngăn xếp. Mỗi băng chuyển có các trục lăn để cho phép các thiết bị ghi di chuyển dọc theo đường băng chuyển theo chế độ kiểu băng tải cho tới khi các thiết bị được đưa đến gần cổng truyền thông. Dù cho hệ thống cất giữ nào được sử dụng, thì các hệ thống cất giữ này có thể được cấu tạo để có kích thước bằng một côngtenơ tiêu chuẩn 8'x20'x8' sao cho các hệ thống cất giữ này và mọi thiết bị ghi địa chân được cất giữ trong đó, có thể được vận chuyển dễ dàng bằng cách sử dụng các tàu côngtenơ tiêu chuẩn.

Mỗi thiết bị có thể có phương tiện nhận dạng duy nhất, như nhãn nhận dạng tần số vô tuyến (*RFID: Radio Frequency Identification*) hoặc các dấu hiệu nhận dạng tương tự để cho phép theo dõi các thiết bị riêng biệt này khi chúng được lắp ráp trên boong tàu. Tương tự, như đã nêu trên, mỗi thiết bị có thể có bộ chuyển đổi tín hiệu âm thanh để định vị hoặc các gia tốc kế để xác định vị trí của thiết bị trên đáy biển. Vì các thiết bị riêng biệt là thiết bị độc lập, nên thông tin vị trí, kết hợp với các dấu hiệu nhận dạng cho phép các thiết bị này được chèn ngẫu nhiên vào giá cất giữ, nhưng cho phép dữ liệu từ nhiều thiết bị được thu hồi và sắp xếp theo thứ tự lần lượt theo vị trí trước đó của thiết bị trên đáy biển. Vì vậy, không cần phải giữ các thiết bị theo thứ tự lần lượt. Các thiết bị có thể nằm cạnh nhau trên tuyến máy thu nhưng không nhất định phải được cất giữ cạnh nhau trong các giá.

Ngoài ra, toàn bộ hệ thống triển khai và thu hồi đối với các thiết bị được thực hiện gần như tự động trên boong tàu. Cấu trúc của boong tàu có hệ thống băng chuyển chạy sát với các giá đỡ và kéo dài đến rìa của boong tàu sát xuống nước. Cánh tay robot được bố trí để di chuyển các thiết bị giữa giá đỡ cất giữ và băng chuyển này. Theo một phương án, động cơ cáp và ống cuộn/ống chứa cáp được bố trí để tháo cáp không cứng nhờ đó chạy sát với hệ thống băng chuyển và nhô ra ngoài mạn tàu. Khi các thiết bị được đặt lên hệ thống băng chuyển để gắn lên cáp không cứng, thì vận tốc của băng chuyển được điều chỉnh phù hợp với vận tốc của cáp, cho phép gắn như bay các thiết bị lên đó. Ngoài ra, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ hiểu rằng vận tốc tháo tuyến cáp không phải là hằng số vì sự chuyển động của tàu

trên mặt nước không phải là không đổi, cho dù trong điều kiện biển lặng sóng và có gió nhẹ.

Theo phương án thực hiện khác của sáng chế, băng chuyền giao với cáp đang được tháo ra bởi động cơ cáp. Ở giao điểm này, thiết bị ghi địa chấn được gắn lên cáp và thiết bị đã gắn lên cáp sau đó sẽ được thả xuống nước. Cơ cấu kẹp cáp phía dưới trạm gắn được dùng để kẹp giữ cáp chắc chắn trước khi gắn thiết bị, nhờ đó khử được sức căng tuyến trên trong lúc gắn thiết bị vào cáp. Cơ cấu kẹp cáp có thể có hệ thống thả bắt buộc người vận hành phải dùng hai tay mới mở được cơ cấu kẹp này ra, nhờ đó giảm đến mức thấp nhất sự nguy hiểm cho người vận hành khi thiết bị được thả ra và cáp ở trên lại được đặt dưới sức căng.

Liên quan đến sức căng tác động lên cáp, cáp được phân đoạn và các đoạn cáp được gắn với nhau bằng cách sử dụng đầu nối khó gãy có cấu trúc độc đáo. Đầu nối này bao gồm các ổ thứ nhất và thứ hai lồng vào nhau. Chốt cắt an toàn được chèn qua các ổ lồng vào nhau để giữ chúng gắn với nhau. Mỗi ổ được gắn lên một đầu của một đoạn cáp sao cho khi các ổ được gắn với nhau, thì các đoạn cáp tạo thành một dây cáp dài hơn. Nếu sức căng tác động lên cáp lớn hơn giới hạn cắt của chốt cắt an toàn, thì chốt cắt an toàn sẽ gãy và cáp sẽ rời ra.

Ngoài ra, mặc dù theo một phương án thực hiện sáng chế, cơ cấu kẹp được sử dụng cho phép các thiết bị được kẹp trực tiếp lên chiều dài đoạn cáp, nhưng theo phương án khác của sáng chế, khớp nối được sử dụng để gắn lên cáp. Cơ cấu kẹp giữ cho khớp nối được gắn với các vai được đúc chèn khuôn. Thay vì gắn các vai này giữa các đoạn cáp liên tiếp như thường thấy trong các giải pháp kỹ thuật đã biết, khớp nối theo sáng chế có thể được kẹp hoặc giữ xung quanh đoạn cáp và neo vào đúng vị trí mà không làm đứt cáp. Theo phương án này, khớp nối được neo vào cáp bằng cách chèn chốt qua khớp và cáp trong mặt phẳng x và mặt phẳng y vuông góc với trục của cáp. Các vai được đúc vừa với các chốt ở hai đầu của mỗi khớp. Mặc dù kỹ thuật đúc chèn khuôn trên các đầu đối diện của khớp có thể được dùng để tạo nên vùng gắn kết dọc theo khớp, nhưng khớp này có thể có các đầu loe ra để tạo thêm vùng gắn kết.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp tiến hành khảo sát địa chấn bao gồm các bước: triển khai các nút cảm biến địa chấn ở các vị trí trong khu vực khảo sát; kích hoạt nhiều nguồn địa chấn; và sử dụng các nút cảm biến địa chấn để ghi các

tín hiệu địa chấn được tạo ra đáp lại việc kích hoạt nhiều tín hiệu.

Theo một số phương án, ít nhất một số nút cảm biến địa chấn ghi các tín hiệu địa chấn được trộn lẫn.

Theo một số phương án, bước kích hoạt nhiều nguồn địa chấn bao gồm bước lặp lại việc kích hoạt ít nhất hai trong số các nguồn địa chấn ở những thời điểm cách nhau bằng thời gian dao động (*dither*) thay đổi.

Theo một số phương án, thời gian dao động thay đổi ngẫu nhiên hoặc giả ngẫu nhiên.

Theo một số phương án, ít nhất một số nút được cấu tạo để liên tục ghi các tín hiệu địa chấn để tạo ra dữ liệu địa chấn ở bước lặp lại việc kích hoạt ít nhất hai trong số các nguồn địa chấn.

Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước lấy ra dữ liệu địa chấn đã được ghi liên tục thu được ở bước lặp lại việc kích hoạt ít nhất hai trong số các nguồn địa chấn; và xử lý dữ liệu đã lấy ra để tạo ra nhóm dữ liệu địa chấn biểu thị ít nhất một nhóm thiết bị thu chung.

Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước tách nhóm dữ liệu địa chấn.

Theo một số phương án, bước tách nhóm dữ liệu địa chấn bao gồm bước làm tăng dữ liệu tương ứng với lần kích hoạt nguồn địa chấn thứ nhất trong số các nguồn địa chấn trong khi làm giảm dữ liệu tương ứng với lần kích hoạt các nguồn địa chấn khác.

Theo một số phương án, bước làm tăng dữ liệu tương ứng với lần kích hoạt nguồn địa chấn thứ nhất trong số các nguồn địa chấn bao gồm bước kết hợp dữ liệu liên kết tương ứng với nhiều lần kích hoạt nguồn địa chấn thứ nhất trong số các nguồn địa chấn bằng cách sử dụng dữ liệu liên kết từ ít nhất một phần trong số nhiều nút cảm biến.

Theo một số phương án, bước làm giảm dữ liệu tương ứng với lần kích hoạt nguồn địa chấn thứ hai trong số các nguồn địa chấn bao gồm bước kết hợp dữ liệu không liên kết tương ứng với nhiều lần kích hoạt nguồn địa chấn thứ hai trong số các nguồn địa chấn bằng cách sử dụng dữ liệu không liên kết từ ít nhất một phần trong số

nhiều nút cảm biến.

Theo một số phương án, ít nhất một phần trong số các nút cảm biến địa chấn là các nút cảm biến trên đáy biển.

Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước triển khai ít nhất một số nút cảm biến trên đáy biển sử dụng phương tiện được vận hành từ xa.

Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước triển khai ít nhất một số nút cảm biến trên đáy biển sử dụng hệ thống cáp thu có nhiều nút thu.

Theo một số phương án, các nút cảm biến địa chấn được đồng bộ hoá với giờ tiêu chuẩn tại thời điểm các nút được triển khai.

Theo một số phương án, các nút cảm biến địa chấn được đồng bộ hoá với giờ tiêu chuẩn tại thời điểm các nút được thu hồi.

Theo một số phương án, các nút cảm biến địa chấn được đồng bộ hoá với giờ tiêu chuẩn tại thời điểm các nút được triển khai.

Theo một số phương án, ít nhất một trong số các nút cảm biến địa chấn có thiết bị thu hệ thống định vị toàn cầu (*GPS: Global Positioning System*) dùng để đồng bộ hoá nút cảm biến với giờ tiêu chuẩn tại thời điểm các nút được triển khai.

Theo một số phương án, ít nhất một số nút cảm biến địa chấn được triển khai trong môi trường biển ở độ sâu trên 100 m, 500 m, 1000 m.

Theo một số phương án, ít nhất một số nút cảm biến địa chấn liên tục ghi dữ liệu địa chấn trong khi triển khai.

Theo một số phương án, bước kích hoạt nhiều nguồn địa chấn bao gồm các bước: tập hợp nhiều tàu biển, mỗi tàu được cấu trúc để vận chuyển ít nhất một trong số nhiều nguồn địa chấn; và sử dụng các tàu biển này để kích hoạt các nguồn địa chấn ở nhiều vị trí đã chọn.

Theo một số phương án, ít nhất một trong số các nút cảm biến địa chấn bao gồm: vỏ; ít nhất một bộ cảm biến địa chấn đặt bên trong vỏ; đồng hồ đặt bên trong vỏ; nguồn điện đặt bên trong vỏ; và thiết bị ghi dữ liệu địa chấn đặt bên trong vỏ.

Theo một số phương án, ít nhất một bộ cảm biến địa chấn là đầu thu sóng địa chấn trên đất, đầu thu sóng địa chấn dưới nước, gia tốc kế, hoặc kết hợp các loại này.

Theo một số phương án, ít nhất một nguồn địa chấn là ít nhất một súng hơi.

Theo một số phương án, ít nhất một nguồn địa chấn là ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm: thiết bị nện búa; thiết bị rung địa chấn; và nguồn nổ.

Theo một số phương án, bước kích hoạt nhiều nguồn địa chấn bao gồm bước điều biến tín hiệu đầu ra của mỗi nguồn địa chấn theo ký hiệu điều biến tương ứng biểu thị thông tin nhận dạng của nguồn địa chấn.

Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước sử dụng các tín hiệu địa chấn đã ghi để tạo ra dữ liệu khảo sát biểu thị các đặc điểm địa chất dưới sâu trong khu vực khảo sát.

Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước xuất ra dữ liệu khảo sát.

Các phương án thực hiện sáng chế có thể bao gồm một dấu hiệu bất kỳ trong số các dấu hiệu nêu trên, ở dạng một mình hoặc ở dạng kết hợp phù hợp bất kỳ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình chiếu từ trên xuống theo mặt cắt trích của thiết bị ghi địa chấn theo sáng chế.

Fig.2 là hình chiếu cạnh từ phía trước của thiết bị trên Fig.1.

Fig.3 là hình chiếu cạnh từ phía sau của thiết bị trên Fig.1.

Fig.4 là hình chiếu từ trên xuống của thiết bị trên Fig.1.

Fig.5 là hình chiếu cạnh từ phía sau của thiết bị với mặt cắt của đệm giảm chấn dạng hình tròn.

Fig.6 là hình chiếu cạnh từ phía sau của thiết bị với mặt cắt của đệm giảm chấn dạng hình nêm.

Fig.7 là hình chiếu từ trên xuống của thiết bị có đệm giảm chấn dạng hình nêm trên Fig.6.

Fig.8 là hình vẽ phối cảnh của thiết bị có chân được nối bằng khớp xoay.

Fig.9 là hình vẽ thể hiện phương pháp quay mũi tàu để thu hồi máy thu.

Fig.10 là hình vẽ thể hiện nhiều thiết bị được gắn lên dây cáp không cứng trong

khi triển khai.

Fig.11 là hình vẽ thể hiện hệ thống tiến hành khảo sát địa chấn có nhiều nguồn địa chấn sử dụng kỹ thuật triển khai cáp thu có nhiều nút thu.

Fig.12 là hình vẽ thể hiện hệ thống tiến hành khảo sát địa chấn có nhiều nguồn địa chấn sử dụng kỹ thuật triển khai dựa trên phương tiện ROV.

Fig.13 là lưu đồ thể hiện phương pháp tiến hành khảo sát địa chấn có nhiều nguồn địa chấn.

Fig.14 là lưu đồ thể hiện phương pháp xử lý dữ liệu thu được khi khảo sát địa chấn có nhiều nguồn địa chấn.

Fig.15 là biểu đồ thể hiện ví dụ về dữ liệu thu được dưới dạng một phần của phương pháp khảo sát địa chấn có nhiều nguồn địa chấn.

Fig.16 là biểu đồ thể hiện kết quả tách dữ liệu trên Fig.15.

Fig.17 là hình vẽ thể hiện nhóm thiết bị thu chung với nút ở đáy biển.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong phần mô tả chi tiết sáng chế, các số chỉ dẫn giống nhau được dùng để chỉ các bộ phận giống nhau trên các hình vẽ, những chi tiết của thiết bị, như dây buộc, phụ tùng, v.v., có thể được bỏ qua để dễ hiểu. Tuy nhiên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này phải hiểu rằng các chi tiết thông thường như vậy có thể được sử dụng khi cần.

Fig.1 thể hiện hệ thống thu thập dữ liệu địa chấn hoặc máy thu 10 theo sáng chế. Máy thu 10 bao gồm vỏ chống thấm 12 có vách 14 tạo nên một khoang kín bên trong 16. Bên trong khoang 16 có đặt ít nhất một đầu thu sóng địa chấn trên đất 18, đồng hồ 20, nguồn điện 22, cơ cấu điều khiển 23 và thiết bị ghi dữ liệu địa chấn 24. Theo phương án này, máy thu 10 là một thiết bị độc lập cho nên nguồn điện 22 đáp ứng mọi yêu cầu về năng lượng của máy thu 10. Tương tự, cơ cấu điều khiển 23 thực hiện tất cả các chức năng điều khiển cho máy thu 10 để không cần phải truyền thông tín hiệu điều khiển với bên ngoài. Máy thu 10 được gia trọng để có sức nổi âm sao cho nó sẽ chìm xuống đáy biển khi được triển khai dưới nước.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ hiểu rằng, máy thu

10 là một hệ thống thu thập dữ liệu địa chấn độc lập không cần truyền thông với bên ngoài hoặc điều khiển từ bên ngoài để ghi các tín hiệu địa chấn. Cần lưu ý thêm rằng, đầu thu sóng địa chấn trên đất 18 được đặt ở bên trong máy thu 10 và do đó không cần có dây dẫn hoặc kết nối với bên ngoài. Đã biết rằng, khi sử dụng cấu trúc vỏ như sẽ được mô tả chi tiết dưới đây, thì đầu thu sóng địa chấn trên đất 18 được bám vào đáy biển một cách có hiệu quả, cho nên dữ liệu địa chấn được truyền qua máy thu 10 đến đầu thu sóng địa chấn trên đất 18 sẽ không bị nhiễu.

Mặc dù, các bộ phận cơ bản đã được mô tả trên đây, máy thu 10 có thể còn có la bàn 36 và đồng hồ đo độ nghiêng 38. Ngoài ra, theo phương án ưu tiên, đầu thu sóng địa chấn trên đất 18 là một bộ đầu thu sóng địa chấn trên đất gồm có ba đầu thu sóng địa chấn trên đất để phát hiện sóng địa chấn theo mỗi trục x, y và z. Trừ trường hợp có nêu cụ thể, mỗi khi trong sáng chế đề cập đến đầu thu sóng địa chấn trên đất thì có nghĩa là đề cập đến đầu thu sóng địa chấn trên đất thông thường cũng như các thiết bị đã biết khác để phát hiện sự hoạt động của sóng địa chấn bao gồm nhưng không chỉ giới hạn ở gia tốc kế.

Theo phương án thực hiện sáng chế khác, đã thấy là có lợi khi sử dụng bốn đầu thu sóng địa chấn trên đất được bố trí theo cấu trúc tứ diện sao cho mỗi đầu thu sóng địa chấn trên đất đo dữ liệu trong nhiều mặt phẳng. Theo cấu trúc ba chiều tiêu chuẩn, ba đầu thu sóng địa chấn trên đất được bố trí cách nhau 90° và mỗi đầu thu sóng địa chấn trên đất đo tín hiệu trong một mặt phẳng x, y hoặc z. Theo cấu trúc sử dụng bốn đầu thu sóng địa chấn trên đất, các đầu thu sóng địa chấn trên đất được định hướng vuông góc với mặt phẳng của các mặt tứ diện sao cho mỗi đầu thu sóng địa chấn trên đất đo các phân của nhiều mặt phẳng theo hệ tọa độ x, y, z. Ví dụ, một đầu thu sóng địa chấn trên đất có thể đo dữ liệu địa chấn ở mặt phẳng-x và mặt phẳng-z. Các cấu trúc đầu thu sóng địa chấn trên đất có bốn hoặc nhiều hơn bốn đầu thu sóng địa chấn trên đất có thể được mong muốn vì chúng cung cấp dữ liệu dư trong thiết bị địa chấn cho trường hợp có một đầu thu sóng địa chấn trên đất ở một mặt phẳng nào đó không hoạt động. Chưa có hệ thống nào trong số các hệ thống OBS đã biết sử dụng bốn hoặc nhiều hơn bốn đầu thu sóng địa chấn trên đất để phát hiện dữ liệu địa chấn theo cách này.

Theo một khía cạnh quan trọng của sáng chế, đồng hồ 20 là đồng hồ rubiđi.

Trước đây, đồng hồ rubidi chưa được sử dụng trong lĩnh vực thăm dò địa chấn, một phần là do đồng hồ này đắt hơn so với các đồng hồ điều khiển bằng tinh thể thông thường. Tuy nhiên, vì máy thu 10 theo sáng chế được thiết kế để hoạt động sao cho hiệu quả nhất theo một trong số một vài hướng, nên cần sử dụng đồng hồ không dễ bị tác động bởi các tác động định hướng, các tác động định hướng này có thể làm hạn chế khả năng hoạt động của các đồng hồ tinh thể thông thường đã biết. Ngoài ra, đồng hồ rubidi ít bị tác động bởi nhiệt độ và lực hấp dẫn hơn, các tác động của nhiệt độ và lực hấp dẫn này có thể làm hạn chế khả năng hoạt động đối với các đồng hồ thông thường đã biết trong môi trường biển.

Tốt hơn nếu nguồn điện 22 là pin lithi ion. Đối với các hệ thống OBS đã biết sử dụng pin gắn liền, khác với trường hợp nối dây dẫn với bên ngoài để cấp điện, pin đã biết là pin chì-axit, kiểm hoặc không nạp lại được.

Chưa có hệ thống nào trong số các hệ thống OBS đã biết sử dụng pin lithi ion. Tuy nhiên, vì tính chất độc lập và khép kín của máy thu theo sáng chế, nên cần phải sử dụng pin, như loại pin lithi ion, không có khí thoát ra và dễ dàng nạp lại.

Trên Fig.2 và Fig.3, có thể thấy một trong các đặc điểm độc đáo của máy thu 10 là cấu trúc có chiều cao thấp của máy thu 10. Cụ thể, vỏ 12 bao gồm tám thứ nhất 26 và tám thứ hai 28 được nối với nhau ở quanh chu vi của chúng bằng vách 14. Theo một phương án, các tấm 26 và 28 có dạng đĩa, sao cho hình dạng tổng thể của vỏ 12 là hình bánh xe. Trong mọi trường hợp, như có thể thấy, mỗi tấm 26, 28 được đặc trưng bởi chiều rộng (W) và vách 14 được đặc trưng bởi chiều cao (H), trong đó chiều rộng W của các tấm 26, 28 lớn hơn chiều cao của vách. Đương nhiên là, với trường hợp các tấm 26, 28 có dạng đĩa, thì chiều rộng W sẽ được thay bằng đường kính D. Tuy nhiên, để mô tả cấu trúc có chiều cao thấp, thì dù vỏ 12 có dạng hình tròn và được đặc trưng bởi đường kính D hoặc, theo cách khác, được đặc trưng bởi chiều cao H, thì đặc điểm có chiều cao thấp vẫn không thay đổi. Mặc dù không làm giới hạn cấu trúc tổng thể có chiều cao thấp, theo một phương án, chiều cao H không vượt quá 50% chiều rộng W hoặc đường kính D. Theo một ví dụ không giới hạn phạm vi của sáng chế, chiều cao H của máy thu 10 cỡ khoảng 16 cm ($= 6,5$ in) và chiều rộng/đường kính của máy thu 10 cỡ khoảng 47 cm ($= 18,5$ in).

Như được thể hiện trên các hình vẽ, máy thu 10 nhìn bên ngoài gần như đối xứng

quanh các trục x và y của nó, sao cho, khi được triển khai, máy thu 10 có thể đứng trên mặt 30, 32 và vắn bám vào đáy biển một cách có hiệu quả. Do đó, sự định hướng của máy thu 10 sẽ ít ảnh hưởng hơn nhiều so với các hệ thống OBS đã biết được thiết kế để đứng trên đáy biển chỉ ở một tư thế “đứng thẳng”. Ngoài ra, vì máy thu 10 có chiều cao thấp, nên trạng thái cân bằng của máy thu thường không ổn định ở tư thế đứng trên cạnh 34. Do đó, trong trường hợp máy thu 10 chạm đến đáy biển ở tư thế đứng trên cạnh 34, thì máy thu 10 sẽ lật nghiêng và chuyển sang tư thế đứng trên một trong hai mặt 30, 32.

Máy thu 10 còn có gờ bên trong 33 dùng để đỡ các tấm 26, 28 khi máy thu 10 phải chịu áp suất cao đặc trưng của môi trường biển. Gờ 33 ngăn ngừa tình trạng “lúc lắc” hoặc xô dịch của các tấm 26, 28 có thể gây nhiễu cho sóng địa chấn phát hiện được. Khác với các giải pháp kỹ thuật đã biết, máy thu 10 theo sáng chế là vỏ cho các đầu thu sóng địa chấn trên đất một cách hữu hiệu sao cho sóng địa chấn có thể truyền không bị méo qua tấm vỏ của máy thu đến đầu thu sóng địa chấn trên đất 18. Về mặt này, vì máy thu 10 có chiều cao thấp và có tính chất cứng vững, nên điểm để gắn đầu thu sóng địa chấn trên đất 18 bên trong vỏ 12 sẽ trở nên ít quan trọng hơn và có thể khắc phục được các vấn đề có liên quan đến các cấu trúc đã biết.

Mỗi thiết bị có thể có phương tiện nhận dạng duy nhất, như nhãn nhận dạng tần số vô tuyến (*RFID: Radio Frequency IDentification*) 40 hoặc các dấu hiệu nhận dạng tương tự để cho phép theo dõi từng thiết bị riêng biệt khi chúng được tháo lắp trên boong tàu như sẽ được mô tả dưới đây. Tương tự, mỗi thiết bị có thể có bộ chuyển đổi tín hiệu âm thanh để định vị 42 cho phép xác định vị trí của thiết bị trên đáy biển.

Fig.1 còn thể hiện đầu thu sóng địa chấn dưới nước 44 để cho phép đo áp suất và đầu nối 46 để cho phép truyền thông với máy thu 10 khi máy thu 10 ở trên boong tàu hoặc, theo cách khác, được đặt trong giá như được mô tả dưới đây. Đầu nối 46 có thể là đầu nối chân cắm tiêu chuẩn hoặc có thể là đầu nối hồng ngoại hoặc loại đầu nối tương tự không cần phải nối dây cứng để truyền thông với máy thu 10. Qua đầu nối 46, máy thu 10 có thể được sử dụng mà không cần phải lật một tấm 26, 28 ra hoặc, theo cách khác, phải mở vỏ 12 ra. Cụ thể, đầu nối 46 cho phép tiến hành kiểm tra quản lý chất lượng, lấy ra dữ liệu địa chấn đã ghi, đồng bộ hoá đồng hồ 20 và nạp lại nguồn điện 22. Vì đầu nối 46 chỉ được sử dụng khi không ở trong nước, nên nắp che đầu nối có thể chống thấm và chịu lực 47 cũng có thể được dùng để bảo vệ đầu nối 46. Nhờ sử

dụng nắp che đầu nối 47, nên đầu nối 46 có thể là đầu nối tiêu chuẩn bất kỳ đáp ứng được các chức năng cần thiết của máy thu. Đầu nối 46 không nhất thiết là loại thường phải có của đầu nối bên ngoài chịu được môi trường áp suất cao và có tính chất ăn mòn.

Cuối cùng, Fig.1 thể hiện đai buộc cáp tùy chọn 48 để kẹp hoặc, theo cách khác, giữ và điều chỉnh máy thu 10. Đai 48 được bố trí trên vỏ 12 sao cho góc xuyên tâm giữa đai 48 và thiết bị phần cứng bất kỳ có thể nhô ra ngoài máy thu 10, như bộ chuyển đổi tín hiệu âm thanh 42 hoặc đầu thu sóng địa chấn dưới nước 44 là góc tù hoặc góc nhọn. Theo phương án được thể hiện trên hình vẽ, góc này là góc nhọn. Cụ thể, thông thường khi triển khai hoặc thu hồi các thiết bị như máy thu 10, các thiết bị đó có thể đập vào mạn tàu hoặc thiết bị khác khi các máy thu được thao tác, có khả năng làm hỏng thiết bị phần cứng nhô ra ngoài các thiết bị đó. Bằng cách bố trí đai 48 trên mặt ngoài của vỏ 12 sao cho trục xuyên tâm từ tâm của vỏ 12 đến đai 48 cách trục xuyên tâm từ tâm của vỏ 12 đến bộ chuyển đổi tín hiệu âm thanh 42 một góc nhỏ hơn 90° , thì sẽ giảm bớt khả năng làm hỏng thiết bị phần cứng này.

Theo một phương án thực hiện sáng chế, nếu không bố trí đai buộc cáp 48, thì cơ cấu chốt sẽ được gắn lên vách 14, tốt hơn là lại ở vị trí có thể làm giảm đến mức thấp nhất sự hư hỏng cho thiết bị nhô ra ngoài máy thu 10. Một cơ cấu chốt hữu hiệu là cơ cấu chốt xuyên tâm có các vấu kẹp đối nhau có thể được mở ra và đóng lại để cho phép gắn thiết bị vào cáp để triển khai. Cơ cấu chốt này có thể còn được gắn nghiêng vào vách 14 sao cho trục chính của cơ cấu chốt và trục-z của máy thu 10 không giao nhau. Sự định hướng như vậy lại bảo vệ thêm cho thiết bị phần cứng nhô ra ngoài máy thu 10.

Fig.4 thể hiện mặt ngoài 50 của một hoặc cả hai tấm 26, 28. Cụ thể, bề mặt 50 có thể có các gờ nhô lên 51, như các lần gợn sóng hoặc các đường rãnh, để tăng thêm khả năng liên kết giữa máy thu 10 và đáy biển. Theo phương án được thể hiện trên hình vẽ, các gờ nhô lên 51 tạo nên mẫu sọc hình chữ V trên bề mặt 50.

Fig.4 và Fig.5 còn thể hiện đai buộc cáp 54 có thể được kết hợp để kẹp hoặc, theo cách khác, giữ và điều chỉnh máy thu 10 sao cho các tấm 26, 28 luôn ở tư thế gần như nằm ngang khi máy thu 10 được thả xuống độ sâu nước bằng đai buộc cáp 54. Như vậy, đai 54 có thể được đặt ở tâm thuộc trục trên một trong số các tấm 26, 28

hoặc, theo cách khác, được bố trí trên một trong số các tấm 26, 28 ngay bên trên tâm của trọng lực của máy thu 10.

Dựa vào các hình vẽ từ Fig.4 đến Fig.8, theo một trong số các khía cạnh của sáng chế, thiết bị có đệm giảm chấn, có số chỉ dẫn chung là đệm giảm chấn 52, bao quanh máy thu 10. Các hình vẽ từ Fig.4 đến Fig.8 thể hiện ba cấu trúc khác nhau của đệm giảm chấn 52, trong đó các cấu trúc này được gọi là đệm giảm chấn 52a, đệm giảm chấn 52b và đệm giảm chấn 52c. Trong mọi trường hợp, đệm giảm chấn 52 có một số chức năng. Trước tiên, nó có thể có hình dạng sao cho sẽ đẩy máy thu 10 lên một trong hai mặt 30, 32 khi máy thu 10 chạm đến đáy biển trên cạnh 34. Đệm giảm chấn 52 còn có chức năng bảo vệ máy thu 10 và mọi thiết bị nằm bên ngoài, như bộ chuyển đổi tín hiệu âm thanh 42, có thể nhô ra ngoài vỏ 12. Cuối cùng, đệm giảm chấn có thể có hình dạng sao cho sẽ ngăn chặn không để cho máy thu 10 bị vướng vào lưới câu tôm và lưới kéo tôm hoặc dây xích “chọc”. Trong mọi trường hợp, đệm giảm chấn 52 có thể thực hiện một số hoặc tất cả các chức năng này.

Như đã nêu trên, đệm giảm chấn 52 có thể có một số cấu trúc. Trên Fig.5, đệm giảm chấn 52a được thể hiện ở dạng mặt cắt trích, được bố trí bao quanh vỏ 12, còn trên Fig.4, đệm giảm chấn 52a được thể hiện ở dạng hình chiếu từ trên xuống của máy thu 10. Cụ thể, đệm giảm chấn 52a được thể hiện trên hình vẽ có mặt cắt ngang dạng tròn hoặc cong 55. Như được thể hiện trên hình vẽ, đệm giảm chấn 52a có vai 56 để lắp vào rãnh 58 được tạo ra bao quanh chu vi của vỏ 12. Phần 60 của đệm giảm chấn 52a vươn ra ngoài chu vi của vỏ 12, nhờ đó bảo vệ cho cạnh 34 của vỏ 12. Nhờ hình dạng tròn của đệm giảm chấn 52a, nên máy thu 10 sẽ lăn hoặc nghiêng lên mặt bám của các tấm 26, 28 khi máy thu 10 bắt đầu chạm đến đáy biển do đó các tấm 26, 28 vuông góc với đáy biển. Ngoài ra, đệm giảm chấn 52a sẽ có chức năng bảo vệ cho máy thu 10 tránh bị va đập và bảo vệ cho người khi thao tác với máy thu 10.

Một cấu trúc khác của đệm giảm chấn được thể hiện trên Fig.6 và Fig.7, trong đó đệm giảm chấn 52b có mặt cắt dạng hình nêm 62. Đệm giảm chấn 52b cũng có vai 56 để lắp vào rãnh 58 được tạo ra bao quanh chu vi của vỏ 12. Phần 64 của đệm giảm chấn 52b vươn ra ngoài chu vi của vỏ 12, nhờ đó bảo vệ cho các tấm 26, 28 và cạnh 34 của vỏ 12. Đệm giảm chấn 52b được thể hiện trên Fig.6 và Fig.7 còn có các hốc 66 có thể được dùng làm chỗ bám tay để giữ và điều chỉnh máy thu 10. Theo một phương án liên quan đến đệm giảm chấn 52b, cần phải hiểu rằng, có thể muốn định hướng cho

máy thu 10 có đệm giảm chấn 52b trên đáy biển sao cho đệm giảm chấn dạng hình nêm 52b quay xuống dưới. Do đó, theo phương án này, tấm 28 được coi là mặt trên của máy thu 10 và tấm 26 được coi là mặt dưới của máy thu 10.

Theo phương án liên quan đến đệm giảm chấn 52b được thể hiện trên Fig.6 và Fig.7, phần đệm giảm chấn bổ sung 68 được gắn lên tấm trên 28, phần đệm giảm chấn 68 này có mặt cắt hình tròn 70 chuyển tiếp sang mặt cắt dạng hình nêm 62. Theo một phương án, các hạt thuỷ tinh có thể được đúc khuôn hoặc, theo cách khác, được đưa vào trong phần đệm giảm chấn 68 để làm tăng sức nổi của phần đệm giảm chấn 68. Do tăng sức nổi ở phía trên của máy thu 10, nên đảm bảo rằng máy thu 10 sẽ được đặt đúng hướng, tức là, nhờ đó đệm giảm chấn dạng hình nêm 52b quay xuống dưới, khi máy thu 10 đi qua cột nước và nằm yên trên đáy biển.

Trong trường hợp dây xích hoặc loại dây khác được kéo qua máy thu 10 khi nó đang bám vào đáy biển, dây xích sẽ dễ dàng trượt dọc theo bề mặt dạng hình nêm của đệm giảm chấn 52b và lên mặt trên của máy thu 10. Phần đệm giảm chấn 68 còn ngăn không để cho dây xích hoặc loại dây khác kéo gãy hoặc mắc vào bộ phận bất kỳ có thể nhô ra ngoài mặt tấm hướng lên trên của máy thu 10.

Theo phương án khác nữa liên quan đến đệm giảm chấn 52 được thể hiện trên Fig.8, trong đó đệm giảm chấn 52c bao gồm chân hoặc nêm 72 có đầu hẹp 74 và đầu rộng 76. Đầu rộng 76 được lắp vào và nối bằng khớp xoay giữa hai giá 78 gắn trên vách 14 của vỏ 12. Tốt hơn là, các giá 78 có hình dạng sao cho cạnh ngoài 80 của chúng tạo thành bề mặt chuyển tiếp gần như trơn tru với bề mặt của nêm 72. Trong khi triển khai, máy thu 10 có thể đứng trên một trong số hai mặt 26, 28 và nêm có khớp xoay 72 sẽ đáp xuống đáy biển, tạo thành đoạn dốc hoặc mái dốc để cho dây xích hoặc loại dây tương tự khác dùng để đánh bắt tôm sẽ trượt trên đó khi dây được kéo qua máy thu 10. Theo cách này, đệm giảm chấn 52c sẽ đẩy dây xích lên mặt trên của máy thu 10 ngăn không để cho dây xích kéo gãy hoặc mắc vào máy thu 10.

Một chức năng của thiết bị ghi dữ liệu địa chấn theo sáng chế là hoạt động liên tục. Theo khía cạnh này của sáng chế, việc thu dữ liệu được khởi động trước khi thiết bị nằm trên mặt đất. Theo một phương án ưu tiên, thiết bị ghi dữ liệu địa chấn biển được kích hoạt và bắt đầu thu dữ liệu trước khi triển khai dưới nước. Nhờ đó các hệ thống mà đã được kích hoạt và bắt đầu thu dữ liệu trước khi triển khai được hoạt động

ổn định trước thời điểm cần phát hiện tín hiệu. Phương án này làm giảm đến mức thấp nhất khả năng xảy ra trường hợp trạng thái thay đổi của các thiết bị điện tử khi hoạt động sẽ làm gián đoạn việc phát hiện tín hiệu. Đương nhiên là, đối với thiết bị thu dữ liệu hoạt động liên tục như vậy, điểm mới là ở chỗ tính chất hoạt động “liên tục” của thiết bị và chức năng đó có thể áp dụng trong môi trường trên đất liền hoặc trên biển.

Theo phương án tương tự, bước ghi dữ liệu được khởi động trước khi định vị dọc theo tuyến máy thu. Ví dụ, thiết bị ghi dữ liệu địa chấn biển được kích hoạt khi vẫn ở trên tàu triển khai cáp và bắt đầu thu dữ liệu trước khi triển khai dưới nước. Phương án này lại cho phép các thiết bị hoạt động ổn định trước thời điểm cần ghi tín hiệu. Để làm được việc này, một bộ phận trong hệ thống cần hoạt động ổn định là đồng hồ. Trong số các bộ phận của hệ thống, đã biết rõ là các đồng hồ thường mất nhiều thời gian để ổn định. Do đó, theo một phương án thực hiện sáng chế, bất kể thiết bị đang liên tục phát hiện dữ liệu hay đang liên tục ghi dữ liệu, đồng hồ phải luôn luôn hoạt động.

Trong hai phương pháp nêu trên, thiết bị này có thể được sử dụng trong một số chu kỳ triển khai và thu hồi mà không làm gián đoạn hoạt động liên tục của thiết bị. Do đó, ví dụ, trước khi triển khai, bước ghi dữ liệu được khởi động. Thiết bị được triển khai, thu hồi và triển khai lại, trong khi việc ghi dữ liệu vẫn diễn ra liên tục trong suốt quy trình đó. Chỉ cần có đủ bộ nhớ, thì có thể duy trì được việc ghi liên tục trong suốt nhiều chu kỳ triển khai và triển khai lại.

Về mặt này, trong trường hợp thiết bị ghi dữ liệu địa chấn có bộ nhớ quay vòng, thì có thể liên tục ghi ngay cả khi không dùng để phát hiện dữ liệu địa chấn. Do đó, ngoài các ưu điểm nêu trên, còn có ưu điểm nữa là sẽ không cần có các lệnh khởi động hoặc bắt đầu. Hơn nữa, việc ghi liên tục sử dụng các chức năng nhớ quay vòng để lưu trữ dự phòng dữ liệu thu được từ những lần ghi trước cho đến thời điểm dữ liệu trước được ghi đè lên. Một ưu điểm nữa là ở chỗ thiết bị đã sẵn sàng để triển khai ở thời điểm bất kỳ miễn là đồng hồ được đồng bộ hoá.

Trong trường hợp việc ghi dữ liệu vẫn diễn ra liên tục sau khi thiết bị đã được thu hồi, các hoạt động thường xuyên như thu thập dữ liệu, kiểm tra quản lý chất lượng và nạp pin có thể diễn ra mà không làm gián đoạn việc ghi dữ liệu. Hệ thống này có một ưu điểm là thiết bị có thể được dùng để ghi dữ liệu kiểm tra quản lý chất lượng chứ

không phải dữ liệu địa chấn khi tiến hành kiểm tra quản lý chất lượng. Nói cách khác, dữ liệu đầu vào thay đổi từ dữ liệu địa chấn thành dữ liệu kiểm tra quản lý chất lượng. Ngay khi hoàn thành việc kiểm tra quản lý chất lượng, thiết bị có thể bắt đầu lại việc ghi dữ liệu địa chấn hoặc dữ liệu cần thiết khác, như dữ liệu liên quan đến vị trí và dữ liệu định thời.

Theo phương án ưu tiên, thiết bị ghi dữ liệu địa chấn biển có hệ thống dẫn đường quán tính để đo thông tin vị trí x , y và z của thiết bị khi thiết bị đi qua độ sâu nước và nằm yên trên đáy biển. Thông thường, hệ thống này đo mức dịch chuyển theo mỗi hướng x , y và z cũng như góc dịch chuyển quanh mỗi trục x , y và z . Nói cách khác, hệ thống này đo sáu bậc tự do của thiết bị khi nó dịch chuyển từ tàu xuống đến đáy biển, và sử dụng thông tin đo được để xác định vị trí trên đáy biển. Theo phương án ưu tiên, thông tin theo các hướng x , y và z có thể được xác định bằng cách sử dụng các gia tốc kế. Thông tin về hướng góc, tức là, độ nghiêng và hướng, có thể được xác định bằng cách sử dụng đồng hồ đo độ nghiêng và la bàn hoặc các thiết bị định hướng khác, như các con quay hồi chuyển. Theo một phương án thực hiện sáng chế, ba gia tốc kế và ba con quay hồi chuyển được sử dụng để tạo ra dữ liệu dẫn đường quán tính dùng để xác định vị trí của thiết bị dưới đáy biển.

Trong mọi trường hợp, bằng cách kết hợp gia tốc kế và thông tin về độ nghiêng và hướng dưới dạng hàm số theo thời gian với vị trí ban đầu của thiết bị và vận tốc ở thời điểm thiết bị được thả xuống nước, quãng đường di chuyển của thiết bị qua độ sâu nước có thể được xác định. Quan trọng hơn là, vị trí của thiết bị ở dưới đáy của độ sâu nước, tức là, vị trí của thiết bị trên đáy biển, có thể được xác định. Việc lấy mẫu theo thời gian sẽ diễn ra ở các thời khoảng thích hợp để đạt được độ chính xác cần thiết. Việc lấy mẫu theo thời gian giữa các bộ phận đo khác nhau có thể thay đổi. Ví dụ, dữ liệu từ la bàn, dùng để đo hướng, và đồng hồ đo độ nghiêng, dùng để đo độ nghiêng, có thể được lấy mẫu chậm hơn so với dữ liệu từ các gia tốc kế. Trước đây, không có thiết bị ghi dữ liệu địa chấn biển nào khác sử dụng một hoặc nhiều gia tốc kế để xác định vị trí theo cách này. Về mặt này, phương pháp và hệ thống này thay thế việc sử dụng các kỹ thuật khác để xác định vị trí ở đáy biển, như sử dụng bộ chuyển đổi tín hiệu âm thanh để định vị hoặc tương tự.

Như đã nêu trên, phương pháp xác định vị trí này đặc biệt phù hợp với phương pháp ghi dữ liệu liên tục nêu trên. Vì thiết bị đang ghi dữ liệu khi được thả lên mặt của

cột nước, thông tin vị trí x, y và z được ghi dễ dàng vào thiết bị và trở thành một phần trong bản ghi dữ liệu hoàn chỉnh của thiết bị.

Sáng chế còn đề xuất phương pháp thu hồi độc đáo cho các thiết bị OBS 300 được gắn lên cáp 302, như được thể hiện trên Fig.9. Cụ thể, đã nhận thấy rằng việc thu hồi cáp 302 qua đuôi 304 (thường là đuôi tàu) của tàu 306 khi tàu di chuyển đầu 308 (thường gọi là mũi tàu) để cuộn ngược cáp 302 theo hướng của cáp sẽ làm giảm đến mức thấp nhất lực kéo cáp trên đáy biển 310 khi cáp 302 được thu hồi và tránh được sự căng hoặc “kéo” cáp 302 quá mức thường gặp ở phương pháp thu hồi đã biết. Cụ thể, lực kéo của nước trên các thiết bị OBS và cáp trong phương pháp theo sáng chế làm cho cáp 302 biến thành hình cái dù hoặc hình cung ở phía sau tàu 306, như được thể hiện bằng số chỉ dẫn 312, sử dụng khối nước làm cơ cấu giảm xóc và làm giảm đến mức thấp nhất sự căng quá mức.

Theo phương pháp này, việc điều chỉnh vận tốc của tàu 306 không quan trọng như trong phương pháp thu hồi từ mũi tàu theo giải pháp kỹ thuật đã biết. Ngoài ra, vì cáp 302 cuộn thành hình cung 312 trong nước ở phía sau tàu khi tàu chạy theo hướng ngược lại với hình cung này, nên cáp ít có khả năng bị vướng vào chân vịt của tàu như trường hợp có thể xảy ra khi sử dụng phương pháp đã biết. Đương nhiên là, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ hiểu rằng, với phương pháp theo sáng chế, cáp có thể được thu hồi từ mũi tàu hoặc đuôi tàu chỉ cần tàu chạy theo hướng dọc theo cáp và cáp được kéo ở đuôi tàu.

Trong mọi trường hợp, hệ thống thả nổi 314 cũng có thể được gắn lên cáp, thường ở một đầu hoặc cả hai đầu của cáp được triển khai, để làm cho ít nhất một phần cáp nổi lên mặt nước tại đó nó có thể dễ dàng được kéo lên để thu hồi bằng cách sử dụng phương pháp nêu trên. Hệ thống như vậy đã được biết rõ trong lĩnh vực kỹ thuật này và có thể bao gồm một thiết bị nổi được thả ở gần đáy biển tại thời điểm mong muốn thu hồi hoặc là thiết bị nổi thả nổi trên mặt nước nhưng vẫn được gắn lên cáp trong lúc triển khai.

Cáp không cứng theo sáng chế cũng được đưa vào sử dụng trong phương pháp triển khai độc đáo cho các máy thu, như được thể hiện trên Fig.10. Cụ thể, ít nhất hai thiết bị OBS 400 được buộc với nhau bằng cách sử dụng cáp không cứng 402. Cáp 402 và các thiết bị 400 được triển khai xuống một độ sâu nước 404. Vì các thiết bị 400

có sức nổi âm lớn hơn nhiều so với cáp không cứng 402, nên các thiết bị này sẽ có xu hướng chìm xuống qua cột nước trước so với cáp sao cho đoạn cáp nổi hai thiết bị này tạo thành hình cái dùi giữa hai thiết bị như được thể hiện bằng số chỉ dẫn 406. Lực kéo của cáp xuống dưới cột nước đóng vai trò là phanh, làm chậm sự đi xuống của các thiết bị và cho phép vị trí của các thiết bị trên đáy biển 408 được kiểm soát dễ dàng hơn. Cụ thể, hiệu ứng tạo thành hình cái dùi cho phép điều chỉnh hướng của các thiết bị như các thiết bị được trang bị đệm giảm chấn dạng hình nêm được thể hiện trên Fig.6 và Fig.7. Ngoài ra, cáp không cứng làm cho thiết bị nằm nhẹ nhàng trên đáy biển, cho phép các thiết bị bám chắc vào đáy biển.

Phương án này là phương pháp cải tiến so với các phương pháp đã biết vì các phương pháp đã biết sử dụng cáp cứng hoặc nửa cứng để triển khai các thiết bị OBS. Cáp như vậy có xu hướng chìm nhanh xuống độ sâu nước cùng với các thiết bị. Nói cách khác, cáp như vậy không có đặc trưng kéo giống như cáp không cứng và có trọng lượng nhẹ hơn theo như sáng chế. Trong phương pháp đã biết sử dụng cáp và các thiết bị OBS, sự định hướng của các thiết bị riêng biệt có nhiều khả năng mất ổn định, ví dụ, lắc lư hoặc chao đảo, khi thiết bị chìm nhanh xuống nước.

Phương pháp triển khai theo sáng chế có thêm lợi ích nữa là cáp không cứng tạo ra sự chùng cáp ở giữa các thiết bị liên tiếp, cả khi đang triển khai lẫn khi đã nằm trên đáy biển. Thực tế, đã nhận thấy rằng trong các hoạt động triển khai thông thường như nêu trên, chiều dài của cáp không cứng giữa hai thiết bị thường lớn hơn nhiều so với khoảng cách thực tế giữa các thiết bị đó khi đang nằm trên đáy biển. Nói cách khác, khi đã nằm trên đáy biển, có thể có nhiều khả năng chùng dây cáp không cứng ở giữa các thiết bị liên tiếp. Vì lý do này, cáp không cứng theo sáng chế không được dùng để phân cách các thiết bị với nhau. Trong mọi trường hợp, người điều khiển tàu có thể sử dụng sự chùng dây ở cáp không cứng để hiệu chỉnh tuyến máy thu khi đang triển khai. Cụ thể, nếu tàu triển khai cáp thả hoặc, theo cách khác, trải tuyến máy thu nằm ở vị trí lệch ra khỏi tuyến máy thu mong muốn, thì tàu trên mặt biển có thể định vị lại để làm cho phần còn lại của cáp không cứng và các thiết bị gắn trên đó bắt đầu quay trở lại tuyến máy thu mong muốn. Sự chùng dây cáp do tính chất không cứng của cáp cho phép người điều khiển kéo cáp về đúng tuyến và làm cho phần còn lại của các thiết bị riêng biệt nằm ở vị trí gần vị trí mong muốn của chúng trên tuyến dự định. Trái lại, nếu các thiết bị đó được gắn lên cáp cứng hoặc nửa cứng, thì cáp sẽ không điều chỉnh được

phần dây chùng và phần còn lại của các thiết bị, mà đáng lẽ nằm dọc trên tuyến máy thu mong muốn, thì sẽ không nằm ở vị trí mong muốn trên tuyến máy thu. Ngoài ra, khi các thiết bị 400 đang nằm ở vị trí trên đáy biển, thì cáp 402 giữa chúng sẽ chùng dây, như được thể hiện bằng số chỉ dẫn 410. Điều này “tách” các thiết bị riêng biệt rời nhau và tránh được tiếng bập bùng hoặc truyền tạp âm không mong muốn trên cáp.

Trong trường hợp đồng hồ 20 là đồng hồ tinh thể, thông tin từ đồng hồ đo độ nghiêng 38 có thể được dùng để hiệu chỉnh các tác động của lực hấp dẫn khi định thời đồng hồ. Theo giải pháp kỹ thuật đã biết, thông tin từ đồng hồ đo độ nghiêng chỉ được dùng để hiệu chỉnh dữ liệu địa chấn. Ngoài cách hiệu chỉnh theo đồng hồ tinh thể có tính đến các tác động nhiệt, thì không có loại hiệu chỉnh tinh thể nào khác được thực hiện đối với các đồng hồ này. Do đó, một khía cạnh của sáng chế sử dụng thông tin từ đồng hồ đo độ nghiêng để hiệu chỉnh đồng hồ chạy không chính xác do các tác động của lực hấp dẫn tác động lên đồng hồ tinh thể. Sự hiệu chỉnh đồng hồ này có thể được thực hiện ngay trên máy thu tại thời điểm ghi dữ liệu hoặc gần thời điểm ghi dữ liệu, hoặc được áp dụng cho dữ liệu khi dữ liệu được lấy ra từ máy thu.

Tương tự, thông tin từ đồng hồ đo độ nghiêng 38 có thể được dùng để áp dụng phương pháp khớp các đẳng toán học cho dữ liệu địa chấn. Trong trường hợp dữ liệu địa chấn được hiệu chỉnh theo giải pháp kỹ thuật đã biết để điều chỉnh hướng, thì sự hiệu chỉnh đó dựa trên các khớp các đẳng cơ học lắp đặt trên các hệ thống OBS đã biết. Tuy nhiên, khớp các đẳng cơ học thông thường có thể làm giảm độ chính xác của dữ liệu do sự ẩm của khớp các đẳng ở trong hộp chứa nó. Theo một khía cạnh của sáng chế, đã xác định được rằng, phương pháp hiệu chỉnh toán học, không dùng khớp các đẳng, hay “phương pháp khớp các đẳng toán học”, tốt hơn so với các phương pháp khớp các đẳng theo giải pháp kỹ thuật đã biết. Do đó, sáng chế có thể sử dụng thông tin từ đồng hồ đo độ nghiêng để điều chỉnh bằng toán học cho dữ liệu địa chấn có tính đến hướng dọc của máy thu. Phương pháp khớp các đẳng toán học này có thể được thực hiện ngay trên máy thu tại thời điểm ghi dữ liệu hoặc gần thời điểm ghi dữ liệu, hoặc có thể được áp dụng cho dữ liệu khi dữ liệu được lấy ra từ máy thu.

Ngoài ra, thông tin từ la bàn 36 có thể được dùng để tiếp tục tinh chỉnh phương pháp khớp các đẳng toán học có tính đến hướng quay của thiết bị. Cụ thể, dữ liệu từ la bàn có thể được kết hợp với dữ liệu của đồng hồ đo độ nghiêng trong phương pháp khớp các đẳng toán học để hiệu chỉnh đầy đủ hơn cho dữ liệu địa chấn đối với các tác

động phát sinh do sự định hướng của máy thu.

Phương pháp kích nổ đồng thời dùng nút thu địa chấn

Theo một số phương án, việc khảo sát địa chấn có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các bộ thiết bị đo địa chấn (“máy thu”, “nút”), ví dụ, thuộc loại được nêu trong sáng chế, để ghi các tín hiệu địa chấn được tạo ra đáp lại nhiều nguồn địa chấn. Ví dụ, như sẽ được mô tả chi tiết dưới đây, các nút cảm biến trên đáy biển có thể được dùng để ghi các tín hiệu địa chấn được tạo ra đáp lại sự kích hoạt lặp lại của nhiều nguồn địa chấn, ví dụ, các nguồn phát sóng địa chấn là súng hơi được kéo sau nhiều tàu, ở các thời điểm và vị trí được chọn. Việc kích hoạt này đôi khi được gọi là “kích nổ”. Các nút cảm biến trên đáy biển được triển khai ở các vị trí được chọn, và có thể được dùng để liên tục ghi dữ liệu địa chấn trong khi kích hoạt nhiều nguồn, bằng các nút sau đó được thu hồi, và dữ liệu địa chấn được tách ra để xử lý.

Việc sử dụng nhiều nguồn phát sóng địa chấn có thể có lợi, ví dụ, cho phép kế hoạch khảo sát có số lượng điểm nổ cho trước được hoàn thành sớm hơn so với việc sử dụng một nguồn duy nhất. Tuy nhiên, việc sử dụng nhiều nguồn phát sóng địa chấn có thể làm cho việc xử lý dữ liệu phức tạp. Ví dụ, một nút cảm biến cho trước có thể thu năng lượng địa chấn phát ra từ nhiều nguồn ở cùng một thời điểm, tạo ra dữ liệu “hỗn hợp”. Do đó, phương pháp khảo sát diễn ra như vậy có thể được gọi là khảo sát “kích nổ đồng thời”. Lưu ý rằng, mặc dù thuật ngữ “kích nổ đồng thời” được dùng để mô tả phương pháp khảo sát địa chấn, trên thực tế, các lần kích nổ có xu hướng gần như đồng thời, nhưng thường thì không hoàn toàn đồng thời (ví dụ, như sẽ được mô tả chi tiết dưới đây). Trong ngữ cảnh của sáng chế này, việc kích nổ từ các nguồn khác nhau gần như đồng thời được thực hiện sát nhau về thời gian đến mức đủ để cho ít nhất một nút đang được dùng để thu thập dữ liệu địa chấn khi khảo sát địa chấn sẽ thu tín hiệu mà trong ít nhất một khoảng thời gian nào đó thì tín hiệu này thể hiện dữ liệu địa chấn do hai lần kích nổ gây ra. Tín hiệu như vậy có thể được gọi là “tín hiệu địa chấn hỗn hợp”.

Trong một số trường hợp, dữ liệu hỗn hợp được ghi đáp lại tín hiệu địa chấn hỗn hợp có thể là không phù hợp, ví dụ, khi sử dụng các kỹ thuật xử lý được phát triển dựa trên giả thiết là sử dụng một nguồn địa chấn (giống như trường hợp nhiều kỹ thuật xử lý dữ liệu địa chấn thông thường).

Do đó, theo một số phương án, việc khảo sát địa chấn có thể được tiến hành theo cách sao cho cho phép dữ liệu được xử lý để tách ra tín hiệu từ mỗi nguồn trong số nhiều nguồn, cách xử lý này thường được gọi là “tách”. Ví dụ, theo một số phương án, quan hệ về thời gian giữa các lần kích nổ có thể thay đổi (ví dụ, theo cách ngẫu nhiên, giả ngẫu nhiên, hoặc theo một hàm số định thời được chọn). Sau đó, quan hệ thời gian này có thể được dùng để tách tín hiệu địa chấn đã ghi. Ví dụ, như sẽ được mô tả chi tiết dưới đây, khi loại quan hệ thời gian này được tạo ra, việc kết hợp dữ liệu từ nhiều nguồn nổ cho một thiết bị thu nào đó có thể làm cho tín hiệu địa chấn từ một nguồn kết hợp ở dạng liên kết (nhờ đó làm tăng tín hiệu từ nguồn này trong dữ liệu kết hợp), trong khi làm cho tín hiệu địa chấn từ một hoặc nhiều nguồn khác kết hợp ở dạng không liên kết (nhờ đó làm giảm tín hiệu từ nguồn này trong dữ liệu kết hợp). Theo một số phương án, tín hiệu từ các nguồn khác có thể giảm bớt, ví dụ, 50%, 75%, 90%, 95%, 99% hoặc nhiều hơn nữa. Theo một số phương án, điều này cho phép dữ liệu được tách phần lớn hoặc hoàn toàn, nhờ đó cho phép dữ liệu được xử lý tiếp bằng cách sử dụng các phương pháp đã được thiết kế cho dữ liệu địa chấn không phải là loại hỗn hợp.

Như đã nêu trên, phương pháp “kích nổ đồng thời” có thể cho phép giảm đáng kể thời gian thu để khảo sát địa chấn. Trong trường hợp sử dụng hai nguồn, thì thời gian cần thiết để thực hiện việc khảo sát có thể được giảm đi rất nhiều, giảm khoảng 50% thời gian cần thiết. Nếu sử dụng nhiều hơn hai nguồn, thì thời gian cần thiết có thể giảm nhiều hơn nữa. Tương tự, khi việc khảo sát địa chấn được thực hiện trong một khoảng thời gian xác định, thì có thể thu thập được lượng dữ liệu lớn hơn trong một khu vực cụ thể, hoặc có thể khảo sát được một khu vực rộng hơn do hiệu quả đạt được từ việc sử dụng nhiều nguồn.

Bất kỳ trong số các bộ thiết bị đo địa chấn (“máy thu”, “nút”) nêu trên có thể được dùng để góp phần vào việc khảo sát địa chấn được tiến hành bằng cách sử dụng phương pháp kích nổ đồng thời. Ví dụ, Fig.11 và Fig.12 thể hiện ví dụ sử dụng các nút cảm biến tự vận hành trên đáy biển để tiến hành khảo sát địa chấn. Các ví dụ này và tất cả các ví dụ khác có thể được sử dụng để tiến hành khảo sát địa chấn bằng phương pháp kích nổ đồng thời. Mặc dù các nút và các nguồn phát sóng địa chấn được mô tả trong sáng chế chủ yếu đề cập đến môi trường biển, các nguyên lý được trình bày trong sáng chế có thể được áp dụng trong các môi trường khác, như các nguồn phát

sóng địa chấn và các nút được triển khai trên đất liền (ví dụ, nguồn rung).

Fig.11 thể hiện phương án trong đó các nút cảm biến tự vận hành trên đáy biển được triển khai và thu hồi trên tàu biển sử dụng kỹ thuật “cáp thu có nhiều nút thu”. Quy trình triển khai này gần giống như quy trình đã được mô tả ở trên, ví dụ, dựa vào Fig.9 và Fig.10. Trên hình vẽ thể hiện hai tàu chở nguồn địa chấn để tiến hành khảo sát địa chấn bằng phương pháp kích nổ đồng thời sau khi triển khai các nút. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng, theo các phương án khác nhau, có thể sử dụng số tàu chở nguồn địa chấn nhiều hơn hoặc ít hơn. Theo một số phương án, tàu triển khai cáp cũng có thể dùng làm tàu chở nguồn địa chấn (ví dụ, tàu chở nguồn địa chấn được trang bị súng hơi).

Fig.12 thể hiện phương án trong đó các nút cảm biến tự vận hành trên đáy biển được triển khai và thu hồi trên tàu biển sử dụng phương tiện được vận hành từ xa (ROV). Như được thể hiện trên hình vẽ, một phương tiện được dùng để vận chuyển các nút cảm biến xuống đáy biển, để đặt bằng phương tiện ROV. Có lợi là, phương án này giảm bớt hoặc loại bỏ được yêu cầu là phương tiện ROV phải chạy đi chạy lại thường xuyên trên mặt biển để bố trí lại các nút. Quy trình triển khai này có thể gần giống như quy trình đã được mô tả, ví dụ, trong đơn patent Mỹ số 2011/0286900, công bố ngày 24.11.2011. Trên hình vẽ thể hiện hai tàu chở nguồn địa chấn để tiến hành khảo sát địa chấn bằng phương pháp kích nổ đồng thời sau khi triển khai các nút. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng, theo các phương án khác nhau, có thể sử dụng số tàu chở nguồn địa chấn nhiều hơn hoặc ít hơn. Theo một số phương án, tàu triển khai cáp cũng có thể dùng làm tàu chở nguồn địa chấn (ví dụ, tàu chở nguồn địa chấn được trang bị súng hơi).

Theo các phương án khác nhau, các nút có thể được triển khai bằng cách sử dụng các kỹ thuật phù hợp khác. Ví dụ, theo một số phương án, các nút có thể được thả xuống từ mặt biển, và có thể có các hệ thống dẫn hướng cho phép nút được “thả” qua dòng nước đến vị trí đã chọn.

Phương pháp khảo sát địa chấn như được mô tả trong sáng chế có thể bao gồm một hoặc nhiều giai đoạn trong đó các nút được triển khai để thu thập dữ liệu địa chấn và sau đó được thu hồi, cũng như một hoặc nhiều giai đoạn trong đó dữ liệu được lấy ra từ các nút và được xử lý. Ví dụ về quy trình thu dữ liệu sử dụng các nút này được

mô tả dưới đây dựa vào Fig.13. Ở bước 1300, kế hoạch khảo sát địa chấn sử dụng nhiều nguồn địa chấn và các nút cảm biến trên đáy biển được thiết kế cho một khu vực cụ thể. Việc sử dụng nhiều nguồn địa chấn có thể có lợi cho khảo sát địa chấn vì giảm bớt thời gian cần thiết để thực hiện hoặc tăng thêm lượng dữ liệu xét về mật độ hoặc diện tích khu vực triển khai có thể thu được trong một khoảng thời gian cho trước. Ở bước 1310, các nút cảm biến được chuẩn bị để triển khai. Các bước chuẩn bị có thể bao gồm hiệu chuẩn các nút, đồng bộ hoá các nút với đồng hồ chính, và kích hoạt các nút, ví dụ, để ghi liên tục. Theo một số phương án thực hiện, bước đồng bộ hoá có thể được thực hiện muộn hơn, ví dụ, sau khi các nút đã được triển khai, được dùng để thu thập dữ liệu, và sau đó được thu hồi. Theo phương án thực hiện như vậy, các nút có thể được đồng bộ hoá với đồng hồ chính trước khi tắt, và việc định thời dữ liệu đã ghi có thể được xác định ngược về quá khứ dựa vào sự chênh lệch giữa thời điểm một dữ liệu cụ thể được ghi và thời điểm nút được đồng bộ hoá. Theo các phương án thực hiện khác, các nút có thể được đồng bộ hoá trong khi triển khai. Ví dụ, trong trường hợp thăm dò trên mặt đất hoặc ở vùng nước nông, các nút có thể có khả năng thu tín hiệu, như tín hiệu hệ thống định vị toàn cầu, có thể được dùng để đồng bộ hoá. Ví dụ về các nút trên mặt đất được mô tả trong tài liệu, ví dụ, đơn patent Mỹ số 61/722,024 nộp ngày 2.11.2012, patent Mỹ số 7,561,493 cấp ngày 14.07.2009, và công bố patent Mỹ số 2009/0290453 công bố ngày 26.11.2009. Tương tự, theo một số phương án, các nút thăm dò trên đáy biển có thể được đồng bộ hoá khi được triển khai trên đáy biển trước, sau hoặc trong khi khảo sát. Theo một số phương án, bước này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng liên kết truyền thông dưới nước (ví dụ, liên kết quang học, liên kết không dây, liên kết vô tuyến, liên kết cảm ứng, v.v.) giữa nút và phương tiện ROV ở gần nút. Phương tiện ROV có thể cung cấp tín hiệu thời gian qua liên kết nối với tàu triển khai cáp, tàu này lại có thể truy nhập hệ thống GPS hoặc chuẩn thời gian khác.

Ở bước 1320, các nút cảm biến tự vận hành trên đáy biển được triển khai. Các nút có thể được đặt ở các vị trí định trước trên đáy biển theo bản thiết kế khảo sát địa chấn. Theo một số phương án thực hiện, như phương án làm ví dụ được thể hiện trên Fig.11, các nút có thể được triển khai bằng cách nối thành hàng kéo theo sau tàu, mỗi nút được nối với nút liền trước và nút liền sau thành một hàng bằng dây, cáp, v.v.. Như đã nêu trên, các nút này tự vận hành cho nên công suất, dữ liệu, các lệnh vận hành đều không được truyền qua dây, dây này được thiết kế chỉ để giữ cho các nút được kết nối

với nhau về mặt vật lý, để cho phép triển khai và thu hồi dễ dàng. Theo các phương án thực hiện khác, như phương án làm ví dụ được thể hiện trên Fig.12, các nút có thể còn độc lập với nhau về mặt vật lý, và có thể được triển khai riêng biệt bằng phương tiện được vận hành từ xa. Một hoặc nhiều nút có thể được hạ xuống từ tàu, ví dụ trong lồng hoặc giỏ, và phương tiện được vận hành từ xa có thể lấy các nút từ lồng hoặc giỏ ở một thời điểm và phân bố các nút đó ở các vị trí mong muốn. Theo một số phương án thực hiện, các nút có thể được đặt ở các vị trí rất sâu, như độ sâu trên 1000 mét dưới mặt biển. Tuy nhiên, trong nhiều ứng dụng, có thể sử dụng độ sâu triển khai phù hợp bất kỳ khác, ví dụ, độ sâu trên 1 mét, 10 mét, 100 mét, 200 mét, 300 mét, 500 mét, 750 mét, 1000 mét, 2000 mét, hoặc sâu hơn nữa, ví dụ, trong khoảng 0-2000 mét hoặc mọi khoảng nhỏ trong đó.

Ở bước 1330, hai hoặc nhiều hơn hai nguồn địa chấn (“nguồn nổ”) được kích hoạt gần như đồng thời. Việc định thời của các nguồn nổ có thể được sắp xếp lệch nhau một chút theo chế độ dao động để làm giảm thành phần tín hiệu lạ và để tạo điều kiện thuận lợi cho việc tách các tín hiệu thu được đáp lại các nguồn nổ khác nhau. Theo một số phương án thực hiện, nhiều tàu chở nguồn địa chấn có thể được sử dụng, mỗi tàu có ít nhất một nguồn địa chấn. Theo các phương án thực hiện khác, một tàu chở súng hơi duy nhất có thể được sử dụng có nhiều nguồn địa chấn đặt ở các vị trí cách nhau về mặt vật lý. Mô hình kích nổ cũng có thể có sự đan xen lần lượt giữa các nguồn địa chấn. Ví dụ, bốn nguồn địa chấn có thể được đặt ở vị trí tương đối so với nhau sao cho chúng gần như ở bốn góc của một hình vuông. Khi kích nổ lần thứ nhất theo mô hình kích nổ, hai nguồn có thể nổ, và khi kích nổ lần thứ hai theo mô hình kích nổ, hai nguồn còn lại có thể nổ. Theo phương án thực hiện như vậy, các cặp nguồn có thể được chọn sao cho không có hai góc cạnh nhau trên hình vuông nổ cùng với nhau. Thời gian và vị trí chính xác cho mỗi lần kích hoạt nguồn được ghi. Thời gian kích hoạt nguồn có thể được ghi bằng máy tính trên tàu chở súng hơi, thời gian đó đã được đồng bộ hoá với đồng hồ chính. Vị trí kích hoạt nguồn có thể là đã biết dựa vào dữ liệu xác định vị trí địa lý như dữ liệu GPS. Các nguồn có thể được kích hoạt sao cho quan hệ về thời gian hoặc quan hệ về vị trí giữa các nguồn luôn luôn thay đổi. Thời gian dao động hoặc sự thay đổi vị trí giữa các lần kích nổ gần như đồng thời có thể là ngẫu nhiên, giả ngẫu nhiên, hoặc theo một hàm số đã chọn.

Theo các phương án khác nhau, các nút đã triển khai có thể liên tục đo, số hoá và

ghi các trường sóng địa chấn (áp suất và sự dịch chuyển của các hạt đất đá) xuất hiện ở đáy biển trong khi khảo sát địa chấn (ví dụ, sử dụng một hoặc nhiều bộ cảm biến địa chấn như đầu thu sóng địa chấn dưới nước, đầu thu sóng địa chấn trên đất, gia tốc kế, và kết hợp các loại này). Các nút cũng có thể định kỳ đo, số hoá và ghi hướng theo không gian (ví dụ, góc nghiêng) của bộ cảm biến vectơ chuyển động. Phương pháp khảo sát địa chấn có thể có nhiều lần lặp lại bước 1330 để thu thập dữ liệu từ các nguồn địa chấn nổ ở nhiều vị trí trong toàn bộ khu vực khảo sát. Sau đó, dữ liệu này có thể được dùng để lập ra các bản đồ chi tiết và tạo ra hình ảnh của các cấu trúc dưới sâu trong khu vực khảo sát. Các nguồn địa chấn được kích nổ lặp lại nhiều lần trong khi khảo sát như đã mô tả, trong lúc (các) tàu chở súng hơi chạy trên khu vực khảo sát để thay đổi vị trí vật lý của các nguồn địa chấn. Theo một số phương án thực hiện, (các) tàu chở súng hơi có thể chạy theo các tuyến thẳng trên khu vực khảo sát, song song với một cạnh của khu vực có dạng hình vuông, quay 180 độ khi chạy đến điểm cuối của khu vực, xê dịch vị trí một chút so với cạnh này, và quay lại theo tuyến song song với đường chạy trước đó. Mô hình di chuyển này có thể được lặp lại nếu cần cho tới khi toàn bộ khu vực khảo sát đã được quét xong. Theo các phương án thực hiện khác, tàu cũng có thể chạy theo các tuyến có dạng hình học khác, như dạng đường xoắn ốc và dạng cuộn dây, mô hình lượn sóng giống như con rắn, và mọi mô hình tuyến khảo sát đã biết khác.

Ví dụ về nút thu thập dữ liệu ở bước 1330, đã được mô tả trên đây, được thể hiện trên Fig.17. Hình vẽ này thể hiện nhóm thiết bị thu chung được thực hiện bằng cách sử dụng một nút trên đáy biển 1701. Một loạt nguồn nổ 1702 được kích nổ ở các khoảng thời gian cách đều nhau hoặc gần như cách đều nhau từ các vị trí địa lý khác nhau ở mực nước biển 1703. Sóng âm thanh 1706 truyền xuống và xuyên qua đáy biển 1704 và phản ánh các đặc điểm địa chất ở sâu hơn dưới đáy biển 1705. Sau đó, sóng âm thanh 1706 quay lại về phía đáy biển 1704, ở đó sóng âm thanh được phát hiện và thu thập bằng nút ở đáy biển 1701.

Theo một số phương án, thời gian thay đổi giữa các lần kích nổ đồng thời có thể được tạo ra bằng cách làm cho các lần kích nổ diễn ra ở các khoảng cách không gian thay đổi khi các nguồn nổ đang dịch chuyển dọc theo tuyến khảo sát (ví dụ, với vận tốc không đổi). Theo các phương án khác, các khoảng không gian cách đều giữa các lần kích nổ có thể được sử dụng, nhưng sự định thời của các lần kích nổ đồng thời

được điều khiển sao cho có độ chênh lệch với thời gian dao động như đã nêu trên.

Theo các phương án khác nhau, thời gian dao động giữa các lần kích nổ từ hai nguồn khác nhau có thể ngắn hơn khoảng thời gian giữa các lần kích nổ liên tiếp từ một nguồn riêng biệt. Ví dụ về tỷ số giữa thời gian dao động (tức là, thời gian trễ giữa hai lần kích nổ gần như đồng thời) và khoảng thời gian giữa các lần kích nổ liên tiếp (tức là, thời gian trễ giữa hai lần kích nổ từ một nguồn nổ) có thể bằng $1/2$, $1/5$, $1/10$, $1/100$, $1/1000$, $1/10.000$ hoặc nhỏ hơn nữa. Ví dụ, theo một số phương án thông thường, thời gian dao động có thể cỡ khoảng 100 mili-giây, còn khoảng thời gian giữa các lần kích nổ liên tiếp thì cỡ khoảng một giây, hàng chục giây, một phút, vài phút, hoặc dài hơn nữa.

Theo một số phương án, có lợi khi ghi thời gian và vị trí của tất cả các lần kích nổ, ngay cả khi các lần kích nổ không góp phần tạo ra dữ liệu khảo sát (ví dụ, các lần kích nổ được thực hiện trong khi tàu chuyển hoạt động giữa các tuyến khảo sát). Điều này cho phép mọi dữ liệu kết hợp từ các lần kích nổ không tạo ra dữ liệu khảo sát sẽ được loại trừ ra khỏi dữ liệu thu được.

Ở bước 1340, các nút được thu hồi từ đáy biển sau khi kích hoạt tất cả các nguồn địa chấn theo kế hoạch ở tất cả các vị trí theo kế hoạch. Trong một số trường hợp ứng dụng liên quan đến kết nối vật lý như sợi dây nối giữa các nút, các nút có thể được thu hồi lần lượt bằng cách dần dần cuộn dây lại ở trên tàu. Trong một số trường hợp ứng dụng liên quan đến các nút không được kết nối về mặt vật lý, các nút có thể được thu hồi bằng phương tiện được vận hành từ xa (*ROV: Remote-Operated Vehicle*) hoặc phương tiện tự vận hành (*AUV: Autonomously Operated Vehicle*). Sau đó, dữ liệu được ghi liên tục có thể được thu từ mỗi nút sau khi nút đó được thu hồi. Độ trôi của thời gian đo được cũng có thể được dùng để đồng bộ hoá dữ liệu từ tất cả các nút. Theo cách khác, phương tiện này có thể lấy dữ liệu ra từ nút rồi bỏ lại nút đó tại chỗ trên đáy biển bằng cách sử dụng loại liên kết truyền thông phù hợp bất kỳ (ví dụ, liên kết truyền dữ liệu quang học dưới nước).

Ví dụ về quy trình xử lý dữ liệu thu được được mô tả dựa vào Fig.14. Ở bước 1410, dữ liệu đã lấy ra từ các nút được thu nhận. Ở bước 1420, đối với mỗi nguồn, thời gian kích hoạt nguồn đã biết được sử dụng để tách ra và sắp xếp các đoạn dữ liệu ghi liên tục thành các nhóm thiết bị thu chung. Khoảng thời gian của các đoạn được tách

ra có thể được xác định bằng độ sâu tối đa cần quan tâm, tương ứng với khoảng thời gian tối đa dự kiến để cho các sóng địa chấn đi tới độ sâu tối đa cần quan tâm và quay lại bộ cảm biến. Dữ liệu về hướng cũng có thể được sử dụng để xoay dữ liệu dịch chuyển của các hạt đất đá theo các thành phần dọc và ngang mong muốn. Các tín hiệu địa chấn liên kết trong mỗi nhóm thiết bị thu chung (được mô tả dưới đây) có thể được dùng để xác định và áp dụng các chỉnh vị trí của nguồn và thiết bị thu.

Ở bước 1430, nhóm dữ liệu được tách. Dữ liệu từ nhóm thiết bị thu chung có thể được tách (theo phương pháp phù hợp bất kỳ) để tạo ra dữ liệu tương tự như dữ liệu được ghi trong thử nghiệm sử dụng một nguồn địa chấn duy nhất bằng cách khai thác đặc tính là tín hiệu mong muốn là tín hiệu liên kết còn tín hiệu gây nhiễu là tín hiệu không liên kết. Các nhóm thiết bị thu chung có tín hiệu liên kết từ nguồn mà những lần kích hoạt nguồn đó được sử dụng để lấy ra dữ liệu, và chúng có nhiều không liên kết từ tất cả các nguồn còn lại mà được kích hoạt ở khoảng cách thời gian giống nhau. Sự liên kết giữa các đoạn tín hiệu theo thời gian đối với nguồn địa chấn thứ nhất là do khoảng thời gian giữa các lần kích nổ nguồn này (trong khoảng thời gian đó nguồn này cũng được dịch chuyển một chút trong không gian đến vị trí mới trong khu vực khảo sát) là đồng đều (ví dụ, 1 phút). Sự không liên kết giữa các nguồn địa chấn còn lại là do thời gian dao động ngẫu nhiên thay đổi liên tục như nêu trên. Quy trình này có thể được lặp lại với các nhóm thiết bị thu chung được tạo ra cho các nguồn khác, nhờ đó thu được dữ liệu đã tách tương ứng với mỗi nguồn.

Fig.15 là biểu đồ thể hiện ví dụ về dữ liệu thu được dưới dạng một phần của phương pháp khảo sát địa chấn có nhiều nguồn địa chấn. Fig.16 là biểu đồ thể hiện kết quả tách dữ liệu trên Fig.15. Trong biểu đồ trên Fig.15, có thể thấy rõ đường nét của cấu trúc hai đỉnh, nhưng nó bị nhoè do một lượng lớn tín hiệu thu được ở các vị trí khác trong biểu đồ không tương ứng với cấu trúc hai đỉnh biểu kiến. Tạp nhiễu này chủ yếu là do thực tế rằng nhiều nguồn địa chấn cùng hoạt động đồng thời từ các vị trí dịch chuyển về địa lý. Trong biểu đồ trên Fig.16, có thể thấy rõ hơn cấu trúc hai đỉnh và tạp nhiễu trong biểu đồ này đã được giảm đáng kể. Việc giảm tạp nhiễu bằng cách tách dữ liệu có thể thực hiện được là do thực tế là nguồn địa chấn thứ nhất tạo ra dữ liệu liên kết còn nguồn địa chấn thứ hai tạo ra dữ liệu không liên kết khi sử dụng thời gian dao động ngẫu nhiên có giá trị nhỏ. Trong ví dụ này, hai tuyến nguồn địa chấn song song với nhau và cách nhau khoảng 152 m (= 500 feet). Ở đầu cấp gần nhất, thiết

bị thu tĩnh nằm cách hai tuyến nguồn địa chấn này là một khoảng tương ứng là 1220 m (= 4000 feet) và 1372 m (= 4500 feet). Khoảng cách danh định giữa các nguồn nổ trên mỗi tuyến là 25 m (= 82,5 feet). Vận tốc thông thường của tàu là 2,36 m/s (~ 4,6 hải lý) tương ứng với thời gian danh định giữa các lần kích nổ ~10600 mili-giây. Thời gian dao động nổ ngẫu nhiên bằng ± 1000 mili-giây (đối với cả hai tuyến) sẽ tạo ra nhiều không liên kết.

Lưu ý rằng, mặc dù phần trên đây mô tả một ví dụ về phương pháp tách dữ liệu, cần phải hiểu rằng, có thể sử dụng các phương pháp khác, ví dụ, dựa vào các phương pháp được mô tả trong các tài liệu viện dẫn trong Phụ lục B. Theo một số phương án, phương pháp tách dữ liệu có thể sử dụng các loại nhóm dữ liệu khác đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này, như nhóm điểm giữa chung, cùng với các phương pháp dựa trên sự liên kết hoặc khử nhiễu thích ứng phù hợp được áp dụng để tách dữ liệu. Theo các phương án khác nhau, các phương pháp tách dữ liệu phù hợp có thể là phương pháp lọc địa chấn FK, phương pháp lọc địa chấn tau-p, phương pháp khử nhiễu thời gian-tần số, phương pháp dự báo FX, phương pháp phân tích giá trị suy biến, các phương pháp liên quan, và kết hợp các loại này. Ví dụ, một số phương án có thể sử dụng các phương pháp tách dữ liệu được mô tả trong các tài liệu Hennenfent, G., và F. J. Herrmann, 2008, Simply denoise: wavefield reconstruction via jittered undersampling: Geophysics, 73, no. 3, V19–V28, và Herrmann, F. J., 2009, Sub-Nyquist sampling and sparsity: how to get more information from fewer samples: 79th Annual International Meeting, SEG, Extended Abstracts 28, 3410-3413.

Dữ liệu đã tách có thể được xử lý tiếp như thể là dữ liệu được thu từ một nguồn địa chấn duy nhất. Ví dụ về các quy trình chạy xuôi cho dữ liệu thu được từ nút ở dưới đáy biển bao gồm các quy trình tách trường sóng ra thành các thành phần đi lên và đi xuống, nội suy và điều chỉnh theo không gian, giải tích chập, phân kênh, phân tích vận tốc, và dịch chuyển.

Ví dụ, theo phương án được thể hiện trên hình vẽ, dữ liệu tùy ý được dịch chuyển ở bước 1440. Khi dịch chuyển dữ liệu, dữ liệu cảm biến đã tách được biến đổi thành dữ liệu biểu diễn các đặc trưng không gian và vật lý của các cấu trúc dưới sâu trong khu vực khảo sát. Ở bước 1450, dữ liệu được tập hợp. Theo một số phương án thực hiện, dữ liệu có thể được tập hợp trước khi dịch chuyển, trong khi theo các phương án thực hiện khác, dữ liệu có thể chỉ được dịch chuyển sau khi tập hợp, việc này được

thực hiện theo cách tùy chọn ở bước 1460. Bước tập hợp dữ liệu bao gồm bước kết hợp nhiều nguồn dữ liệu và tạo ra tập hợp dữ liệu mới kết hợp thông tin có từ nhiều dữ liệu đầu vào. Sau đó, dữ liệu này được biến đổi ở bước 1470 để tạo ra dữ liệu bản đồ và/hoặc hình ảnh biểu diễn các cấu trúc dưới sâu theo hai hoặc ba chiều, như dữ liệu có thể phù hợp với việc khai thác dầu khí.

Mặc dù các ví dụ nêu trên tập trung vào phương pháp tách dữ liệu thu được từ những lần kích hoạt nguồn địa chấn theo kế hoạch, cần phải hiểu rằng, các phương pháp này cũng có thể được áp dụng để tách tín hiệu từ những lần kích hoạt nguồn địa chất không theo kế hoạch (ví dụ, do các sự kiện địa chất, do hoạt động của bên thứ ba ở trong hoặc gần khu vực khảo sát, v.v.), miễn là thời gian và vị trí không gian của lần kích hoạt không theo kế hoạch có thể ít nhất là được xác định gần đúng.

Các phương án theo sáng chế đã được mô tả và thể hiện trên đây, tuy nhiên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ dễ dàng tìm ra nhiều phương tiện và/hoặc cấu trúc khác để thực hiện chức năng và/hoặc đạt được kết quả và/hoặc thu được một hoặc nhiều ưu điểm nêu trong sáng chế, và mọi dạng cải biến và/hoặc sửa đổi như vậy đều được coi là nằm trong phạm vi của sáng chế. Thông thường, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ dễ dàng hiểu rằng, tất cả các thông số, kích thước, vật liệu, và cấu trúc được mô tả trong sáng chế chỉ dùng làm ví dụ và các thông số, kích thước, vật liệu, và/hoặc cấu trúc thực tế sẽ phụ thuộc vào một hoặc nhiều ứng dụng cụ thể mà trong đó giải pháp theo sáng chế được áp dụng. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ nhận thấy, hoặc có thể tìm ra bằng cách sử dụng kinh nghiệm thông thường, rằng có nhiều phương án tương đương với các phương án được mô tả cụ thể trong sáng chế. Vì vậy, cần phải hiểu rằng, các phương án nêu trên chỉ là ví dụ minh họa và, trong phạm vi được xác định bằng các điểm yêu cầu bảo hộ và các dạng tương đương, các phương án thực hiện sáng chế có thể được thực hiện theo cách khác với cách được nêu trong phần mô tả chi tiết và yêu cầu bảo hộ. Các phương án thực hiện sáng chế đề cập đến mỗi dấu hiệu, hệ thống, sản phẩm, vật liệu, bộ kit, và/hoặc phương pháp riêng biệt được mô tả trong sáng chế. Ngoài ra, mọi tổ hợp của hai hay nhiều dấu hiệu, hệ thống, sản phẩm, vật liệu, bộ kit và/hoặc phương pháp như vậy cũng được coi là nằm trong phạm vi của sáng chế, nếu các dấu hiệu, hệ thống, sản phẩm, vật liệu, bộ kit, và/hoặc phương pháp đó có sự tương quan phù hợp với nhau.

Các phương án nêu trên có thể được thực hiện theo cách bất kỳ trong số rất nhiều cách. Ví dụ, các phương án có thể được thực hiện bằng cách sử dụng phần cứng, phần mềm hoặc kết hợp các loại này. Khi được thực hiện bằng phần mềm, mã phần mềm có thể được thi hành trên một hoặc nhiều bộ xử lý phù hợp, dù phần mềm đó được thực hiện tập trung trên một máy tính hay thực hiện phân tán trên nhiều máy tính.

Ngoài ra, máy tính có thể có một hoặc nhiều thiết bị nhập và xuất. Các thiết bị này có thể được dùng để hiển thị giao diện người dùng, không kể đến các chức năng khác. Ví dụ về thiết bị xuất có thể được dùng làm giao diện người dùng là máy in hoặc màn hình hiển thị để biểu diễn tín hiệu đầu ra có thể nhìn thấy được và loa hoặc các thiết bị khác tạo ra âm thanh để trình diễn kết quả ở dạng có thể nghe thấy được. Ví dụ về thiết bị nhập có thể được dùng làm giao diện người dùng là bàn phím, và các thiết bị trò, như chuột, vùng phím cảm ứng, và các bảng số hoá. Ví dụ khác, máy tính có thể thu thông tin nhập vào bằng cách nhận biết giọng nói hoặc theo định dạng khác có thể nghe thấy được.

Các máy tính này có thể được kết nối với nhau qua một hoặc nhiều mạng ở dạng phù hợp bất kỳ, như mạng cục bộ hoặc mạng diện rộng, như mạng doanh nghiệp, và mạng trí tuệ (*IN: Intelligent Network*) hoặc mạng internet. Các mạng này có thể dựa trên mọi công nghệ phù hợp và có thể hoạt động theo mọi giao thức phù hợp và có thể là mạng không dây, mạng nối dây hoặc mạng cáp quang.

Máy tính dùng để thực hiện ít nhất một phần chức năng nêu trong sáng chế có thể có bộ nhớ, một hoặc nhiều bộ phận xử lý (còn được gọi tắt là “bộ xử lý”), một hoặc nhiều giao diện truyền thông, một hoặc nhiều thiết bị hiển thị, và một hoặc nhiều thiết bị nhập của người dùng. Bộ nhớ có thể là vật ghi đọc được bằng máy tính, và có thể lưu trữ các lệnh thi hành được bằng máy tính (còn được gọi là “các lệnh thi hành được bằng bộ xử lý”) để thực hiện các chức năng nêu trong sáng chế. (Các) bộ phận xử lý có thể được dùng để thi hành các lệnh. (Các) giao diện truyền thông có thể được nối với mạng nối dây hoặc mạng không dây, bus, hoặc phương tiện truyền thông khác và, vì vậy, có thể cho phép máy tính truyền thông tin đến các thiết bị khác và/hoặc thu thông tin từ các thiết bị khác. (Các) thiết bị hiển thị có thể được dùng để, ví dụ, cho phép người dùng xem các thông tin khác nhau liên quan đến việc thi hành các lệnh. (Các) thiết bị nhập của người dùng có thể được dùng để, ví dụ, cho phép người dùng thực hiện việc điều chỉnh thủ công, đưa ra lựa chọn, nhập dữ liệu hoặc các thông tin khác,

và/hoặc tương tác theo một trong nhiều cách với bộ xử lý khi đang thi hành các lệnh.

Các phương pháp hoặc quy trình nêu trong sáng chế có thể được mã hoá dưới dạng phần mềm, phần mềm này có thể thi hành được trên một hoặc nhiều bộ xử lý sử dụng một trong số nhiều hệ điều hành hoặc nền tảng. Ngoài ra, phần mềm như vậy có thể được viết bằng cách sử dụng một trong nhiều ngôn ngữ lập trình và/hoặc công cụ lập trình hoặc công cụ viết tập lệnh phù hợp, và cũng có thể được biên dịch dưới dạng mã ngôn ngữ máy thi hành được hoặc mã trung gian được thi hành trên khung hoặc máy ảo.

Liên quan đến vấn đề này, các ý tưởng sáng tạo theo sáng chế có thể được thực hiện dưới dạng vật ghi đọc được bằng máy tính (hoặc nhiều vật ghi đọc được bằng máy tính) (ví dụ, bộ nhớ máy tính, một hoặc nhiều đĩa mềm, đĩa compac, đĩa quang, băng từ, bộ nhớ tốc độ nhanh, các cấu hình mạch trong mảng cổng lập trình được dạng trường hoặc các thiết bị bán dẫn khác, hoặc loại vật ghi không khả biến khác hoặc vật ghi hữu hình đọc được bằng máy tính) được mã hoá bằng một hoặc nhiều chương trình mã, khi được thi hành trên một hoặc nhiều máy tính hoặc bộ xử lý khác, thì sẽ thực hiện phương pháp triển khai các phương án theo sáng chế nêu trên. Vật ghi đọc được bằng máy tính có thể vận chuyển được, sao cho một hoặc nhiều chương trình lưu trữ trên đó có thể được tải vào một hoặc nhiều máy tính hoặc bộ xử lý khác nhau để thực hiện các khía cạnh của sáng chế như được mô tả trên đây.

Các thuật ngữ “chương trình” hoặc “phần mềm” được dùng trong sáng chế theo nghĩa thông thường để chỉ mọi loại mã máy tính hoặc tập lệnh thi hành được bằng máy tính có thể được dùng để lập trình cho máy tính hoặc bộ xử lý khác để thực hiện các khía cạnh của sáng chế như được mô tả trên đây. Ngoài ra, cần phải hiểu rằng, theo một khía cạnh, một hoặc nhiều chương trình máy tính khi được thi hành để thực hiện các phương pháp theo sáng chế không cần phải tập trung trên một máy tính hoặc bộ xử lý, mà có thể được phân tán ở chế độ thực hiện theo môđun trên nhiều máy tính hoặc bộ xử lý khác nhau để thực hiện các khía cạnh của sáng chế.

Các lệnh thi hành được bằng máy tính có thể có nhiều dạng, như môđun chương trình, được thi hành bằng một hoặc nhiều máy tính hoặc thiết bị khác. Thông thường, môđun chương trình là đoạn chương trình, chương trình, đối tượng, thành phần, cấu trúc dữ liệu, v.v., thực hiện các nhiệm vụ cụ thể hoặc sử dụng các loại dữ liệu trừu

tượng cụ thể. Thông thường, chức năng của các môđun chương trình có thể được kết hợp hoặc phân tán khi cần trong các phương án thực hiện khác nhau.

Ngoài ra, các cấu trúc dữ liệu có thể được lưu trữ trên vật ghi đọc được bằng máy tính ở mọi dạng phù hợp. Để cho dễ hiểu, các cấu trúc dữ liệu có thể được chỉ ra là có các trường có liên quan qua vị trí trong cấu trúc dữ liệu. Các mối quan hệ như vậy có thể có được theo cách tương tự khi gán bộ nhớ cho các trường với các vị trí trên vật ghi đọc được bằng máy tính thể hiện mối quan hệ giữa các trường. Tuy nhiên, mọi cơ chế phù hợp đều có thể được dùng để thiết lập mối quan hệ giữa các thông tin trong các trường cấu trúc dữ liệu, ví dụ như cơ chế sử dụng các con trỏ, nhãn hoặc các cơ chế khác để thiết lập mối quan hệ giữa các phần tử dữ liệu.

Hơn nữa, các ý tưởng sáng tạo theo sáng chế có thể được thực hiện dưới dạng một hoặc nhiều phương pháp, trong đó phương pháp làm ví dụ đã được mô tả trên đây. Các thao tác được thực hiện dưới dạng là một phần trong phương pháp có thể được sắp xếp thứ tự theo mọi cách thức phù hợp. Do đó, các phương án có thể được xây dựng với các thao tác được thực hiện theo thứ tự khác với thứ tự được thể hiện trên hình vẽ, thứ tự này có thể bao gồm thực hiện một số thao tác một cách đồng thời, mặc dù theo các phương án được thể hiện trên hình vẽ thì các thao tác đó được thực hiện tuần tự.

Sáng chế liên quan đến các đối tượng được mô tả trong các tài liệu tham khảo, các đơn patent Mỹ và các đơn patent quốc tế nêu trong Phụ lục A và Phụ lục B. Tất cả các định nghĩa, như được xác định và sử dụng trong sáng chế, sẽ được hiểu là chi phối các định nghĩa trong từ điển, các định nghĩa trong các tài liệu tham khảo, và/hoặc các nghĩa thông thường của các thuật ngữ xác định.

Từ “một”, như được dùng trong phần mô tả sáng chế và yêu cầu bảo hộ, trừ trường hợp có quy định khác một cách rõ ràng, sẽ được hiểu là “ít nhất một”.

Cụm từ “và/hoặc”, như được dùng trong phần mô tả sáng chế và yêu cầu bảo hộ, sẽ được hiểu là “một hoặc cả hai” phần tử đi kèm, tức là, các phần tử đó sẽ hiện diện cùng nhau trong một số trường hợp và sẽ hiện diện riêng biệt trong các trường hợp khác. Nhiều phần tử đi kèm với cụm từ “và/hoặc” sẽ được hiểu theo cách tương tự, tức là, “một hoặc nhiều” phần tử đi kèm. Các phần tử khác có thể tùy ý hiện diện bên cạnh các phần tử được xác định cụ thể trong mệnh đề “và/hoặc”, dù phần tử đó có hay không liên quan đến các phần tử được xác định cụ thể. Ví dụ, nhưng không chỉ giới

hạn ở đó, cụm từ “A và/hoặc B”, khi được dùng kết hợp với cách diễn đạt mở rộng được như “bao gồm” có thể, theo một phương án, được hiểu là chỉ đề cập đến phần tử A (tùy ý có thêm các phần tử khác không phải là phần tử B); theo phương án khác, chỉ đề cập đến phần tử B (tùy ý có thêm các phần tử khác không phải là phần tử A); theo phương án khác nữa, đề cập đến cả phần tử A lẫn phần tử B (tùy ý có thêm các phần tử khác); v.v..

Như được dùng trong phần mô tả sáng chế và yêu cầu bảo hộ, từ “hoặc” sẽ được hiểu là có nghĩa giống như “và/hoặc” như đã định nghĩa ở trên. Ví dụ, khi tách các phần tử trong một danh mục, thì từ “hoặc” hoặc cụm từ “và/hoặc” sẽ được hiểu theo nghĩa bao hàm, tức là, bao gồm ít nhất một, và còn bao gồm nhiều hơn một, phần tử trong số nhiều phần tử hoặc trong danh mục phần tử, và, tùy ý, có thêm các phần tử khác không được nêu tên. Chỉ có các cụm từ được nêu ngược lại một cách rõ ràng, như “chỉ một trong số” hoặc “chính xác một trong số”, hoặc, khi được dùng trong yêu cầu bảo hộ, như “gồm có”, thì mới được hiểu là đề cập đến trường hợp có chính xác một phần tử trong số nhiều phần tử hoặc trong danh mục phần tử. Thông thường, từ “hoặc” như được dùng trong sáng chế sẽ chỉ được hiểu là dùng để chỉ sự thay thế loại trừ (tức là “cái này hay cái kia nhưng không phải cả hai”) khi nó đi kèm với các từ có tính chất loại trừ, như “mỗi”, “một trong số”, “chỉ một trong số”, hoặc “chính xác một trong số”. Cụm từ “chủ yếu gồm có”, khi được dùng trong yêu cầu bảo hộ, sẽ được hiểu theo nghĩa thông thường như trong lĩnh vực luật quy định về sáng chế.

Như được dùng trong phần mô tả sáng chế và yêu cầu bảo hộ, cụm từ “ít nhất một”, khi đề cập đến một danh mục gồm một hoặc nhiều phần tử, sẽ được hiểu là dùng để chỉ ít nhất một phần tử được chọn từ một hoặc nhiều phần tử trong danh mục phần tử đó, nhưng không nhất thiết phải có ít nhất một trong số tất cả mọi phần tử được xác định cụ thể trong danh mục phần tử đó và không loại trừ bất cứ tổ hợp nào của các phần tử trong danh mục phần tử đó. Định nghĩa này cũng cho phép các phần tử khác có thể tùy ý hiện diện bên cạnh các phần tử được xác định cụ thể trong danh mục phần tử đi kèm với cụm từ “ít nhất một”, dù các phần tử đó có hay không liên quan đến các phần tử được xác định cụ thể. Ví dụ, nhưng không chỉ giới hạn ở đó, cụm từ “ít nhất một trong số A và B” (hoặc, dạng tương đương là, “ít nhất một trong số A hoặc B”, hoặc, dạng tương đương là “ít nhất một trong số A và/hoặc B”) có thể, theo một phương án, được hiểu là đề cập đến ít nhất một, tùy ý có nhiều hơn một, phần tử A,

không có phần tử B (và tùy ý có thêm các phần tử khác không phải là phần tử B); theo phương án khác, đề cập đến ít nhất một, tùy ý có nhiều hơn một, phần tử B, không có phần tử A (và tùy ý có thêm các phần tử khác không phải là phần tử A); theo phương án khác nữa, đề cập đến ít nhất một, tùy ý có nhiều hơn một, phần tử A, và ít nhất một, tùy ý có nhiều hơn một, phần tử B (và tùy ý có thêm các phần tử khác); v.v..

Trong yêu cầu bảo hộ, cũng như trong phần mô tả sáng chế nêu trên, tất cả các cụm từ chuyển tiếp như “bao gồm”, “gồm”, “mang”, “có”, “chứa”, “bao hàm”, “chứa đựng”, “gồm có”, và các cụm từ tương tự khác được hiểu là cách diễn đạt mở rộng được, tức là, có nghĩa là bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở đó. Chỉ có các cụm từ chuyển tiếp “gồm có” và “chủ yếu gồm có” thì mới là các cụm từ chuyển tiếp được hiểu theo cách diễn đạt đóng hoặc nửa đóng tương ứng, như được quy định trong tài liệu The United States Patent Office Manual of Patent Examining Procedures, Section 2111.03.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp tiến hành khảo sát địa chấn, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

triển khai các nút cảm biến địa chấn ở các vị trí trong khu vực khảo sát;

chọn chức năng định thời để kích hoạt nhiều nguồn địa chấn bao gồm tỷ số giữa thời gian dao động với khoảng thời gian giữa các lần kích nổ liên tiếp mà nhỏ hơn hoặc bằng $\frac{1}{2}$, trong đó thời gian dao động biểu thị thời gian trễ giữa hai lần kích nổ từ hai nguồn địa chấn khác nhau trong số nhiều nguồn địa chấn và khoảng thời gian giữa các lần kích nổ liên tiếp biểu thị thời gian trễ giữa hai lần kích nổ từ một nguồn địa chấn đơn lẻ trong số nhiều nguồn địa chấn;

kích hoạt, bằng cách sử dụng ký hiệu điều biến được cấu tạo để nhận diện mỗi nguồn địa chấn trong số nhiều nguồn địa chấn, và dựa vào chức năng định thời, nhiều nguồn địa chấn tương ứng với vùng khảo sát;

ghi, bằng nút cảm biến địa chấn, các tín hiệu địa chấn được tạo ra đáp lại việc kích hoạt nhiều nguồn địa chấn; và

tách, dựa vào chức năng định thời mà bao gồm tỷ số giữa thời gian dao động với khoảng thời gian giữa các lần kích nổ liên tiếp mà nhỏ hơn hoặc bằng $\frac{1}{2}$, các tín hiệu địa chấn được ghi lại bằng các nút cảm biến địa chấn để tạo ra dữ liệu biểu diễn các cấu trúc dưới sâu chỉ ra dầu hoặc khí.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

ghi, bằng ít nhất một số nút cảm biến địa chấn, các tín hiệu địa chấn đã tách.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó thời gian dao động bao gồm thời gian dao động thay đổi, phương pháp này còn bao gồm bước:

kích hoạt lặp lại ít nhất hai trong số nhiều nguồn địa chấn ở những thời điểm cách nhau bằng thời gian dao động thay đổi.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó thời gian dao động thay đổi thay đổi ngẫu nhiên hoặc giả ngẫu nhiên.

5. Phương pháp theo điểm 3, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

ghi liên tục, bằng ít nhất một số nút cảm biến địa chấn, các tín hiệu địa chấn để tạo ra dữ liệu địa chấn trong quá trình kích hoạt lặp lại ít nhất hai trong số các nguồn địa chấn.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

lấy ra dữ liệu địa chấn đã được ghi liên tục trong bước kích hoạt lặp lại ít nhất hai trong số các nguồn địa chấn; và

xử lý dữ liệu địa chấn thu được trong bước kích hoạt lặp lại ít nhất hai trong số các nguồn địa chấn để tạo ra nhóm dữ liệu địa chấn biểu thị ít nhất một nhóm thiết bị thu chung.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tách nhóm dữ liệu địa chấn.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó bước tách nhóm dữ liệu địa chấn bao gồm bước làm tăng dữ liệu tương ứng với lần kích hoạt nguồn địa chấn thứ nhất trong số các nguồn địa chấn trong khi làm giảm dữ liệu tương ứng với lần kích hoạt nguồn địa chấn khác trong số các nguồn địa chấn.

9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó bước làm tăng dữ liệu tương ứng với lần kích hoạt nguồn địa chấn thứ nhất trong số các nguồn địa chấn bao gồm bước kết hợp dữ liệu liên kết tương ứng với nhiều lần kích hoạt nguồn địa chấn thứ nhất trong số các nguồn địa chấn bằng cách sử dụng dữ liệu liên kết từ ít nhất một phần trong số nhiều nút cảm biến.

10. Phương pháp theo điểm 8, trong đó bước làm giảm dữ liệu tương ứng với lần kích hoạt nguồn địa chấn thứ hai trong số các nguồn địa chấn bao gồm bước kết hợp dữ liệu không liên kết tương ứng với nhiều lần kích hoạt nguồn địa chấn thứ hai trong số các nguồn địa chấn bằng cách sử dụng dữ liệu không liên kết từ ít nhất một số nút cảm biến địa chấn.

11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất một số nút cảm biến địa chấn là nút cảm biến trên đáy biển.

12. Phương pháp theo điểm 11, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước triển khai ít nhất một số nút cảm biến trên đáy biển sử dụng phương tiện được vận hành từ xa.

13. Phương pháp theo điểm 11, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước triển khai ít nhất một số nút cảm biến trên đáy biển sử dụng hệ thống cáp thu có nhiều nút thu.

14. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các nút cảm biến địa chấn được đồng bộ hoá với giờ tiêu chuẩn tại thời điểm các nút được triển khai.

15. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các nút cảm biến địa chấn được đồng bộ hoá với giờ tiêu chuẩn tại thời điểm các nút được thu hồi.

16. Phương pháp theo điểm 15, trong đó các nút cảm biến địa chấn được đồng bộ hoá với giờ tiêu chuẩn tại thời điểm các nút được triển khai.

17. Phương pháp theo điểm 16, trong đó ít nhất một trong số các nút cảm biến địa chấn có thiết bị thu hệ thống định vị toàn cầu (*GPS: Global Positioning System*) dùng để đồng bộ hoá ít nhất một nút cảm biến địa chấn với giờ tiêu chuẩn.

18. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất một số nút cảm biến địa chấn được triển khai trong môi trường biển ở độ sâu trên 100 m.

19. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất một số nút cảm biến địa chấn được triển khai trong môi trường biển ở độ sâu trên 500 m.

20. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất một số nút cảm biến địa chấn được triển khai trong môi trường biển ở độ sâu trên 1000 m.

21. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất một số nút cảm biến địa chấn liên tục ghi dữ liệu địa chấn trong khi triển khai.

22. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước kích hoạt nhiều nguồn địa chấn bao gồm các bước:

tập hợp nhiều tàu biển, mỗi tàu được cấu trúc để vận chuyển ít nhất một trong số nhiều nguồn địa chấn; và

sử dụng các tàu biển này để kích hoạt các nguồn địa chấn ở nhiều vị trí đã chọn.

23. Phương pháp theo điểm 22, trong đó ít nhất một trong số nhiều nguồn địa chấn là súng hơi.

24. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất một trong số các nút cảm biến địa chấn bao gồm ít nhất một trong số:

vỏ;

ít nhất một bộ cảm biến địa chấn đặt bên trong vỏ;

đồng hồ đặt bên trong vỏ;

nguồn điện đặt bên trong vỏ; và

thiết bị ghi dữ liệu địa chấn đặt bên trong vỏ.

25. Phương pháp theo điểm 24, trong đó ít nhất một bộ cảm biến địa chấn là đầu thu sóng địa chấn trên đất.

26. Phương pháp theo điểm 25, trong đó ít nhất một trong số nhiều nguồn địa chấn là ít nhất một súng hơi.

27. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất một trong số nhiều nguồn địa chấn là ít nhất một trong số: thiết bị nện búa; thiết bị rung địa chấn; hoặc nguồn nổ.

28. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước kích hoạt nhiều nguồn địa chấn bao gồm bước:

điều biến tín hiệu đầu ra của mỗi nguồn địa chấn theo ký hiệu điều biến tương ứng biểu thị thông tin nhận dạng của nguồn địa chấn.

29. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

sử dụng các tín hiệu địa chấn để tạo ra dữ liệu khảo sát biểu thị các đặc điểm địa chất dưới sâu trong khu vực khảo sát.

30. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

xuất ra dữ liệu khảo sát.

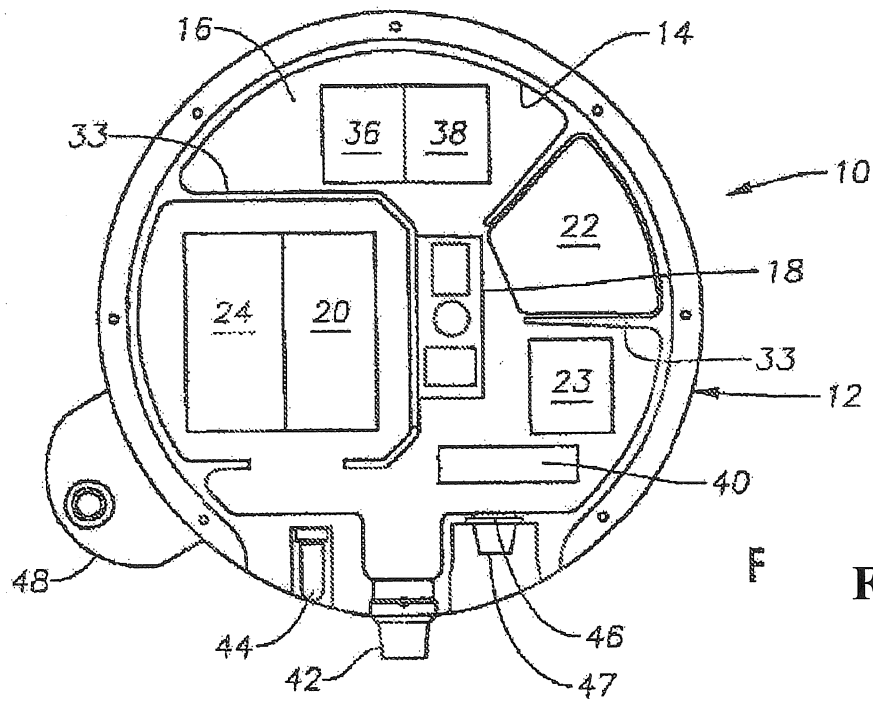


FIG. 1

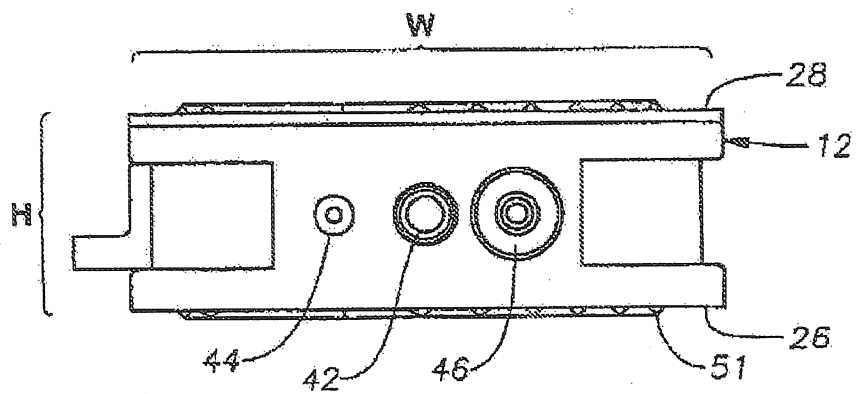


FIG. 2

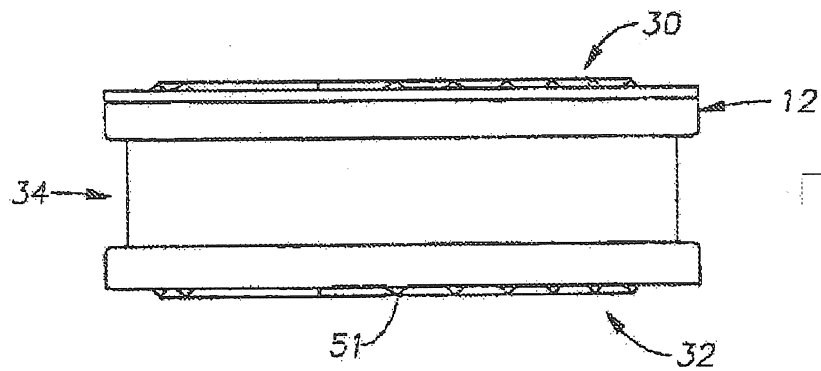


FIG. 3

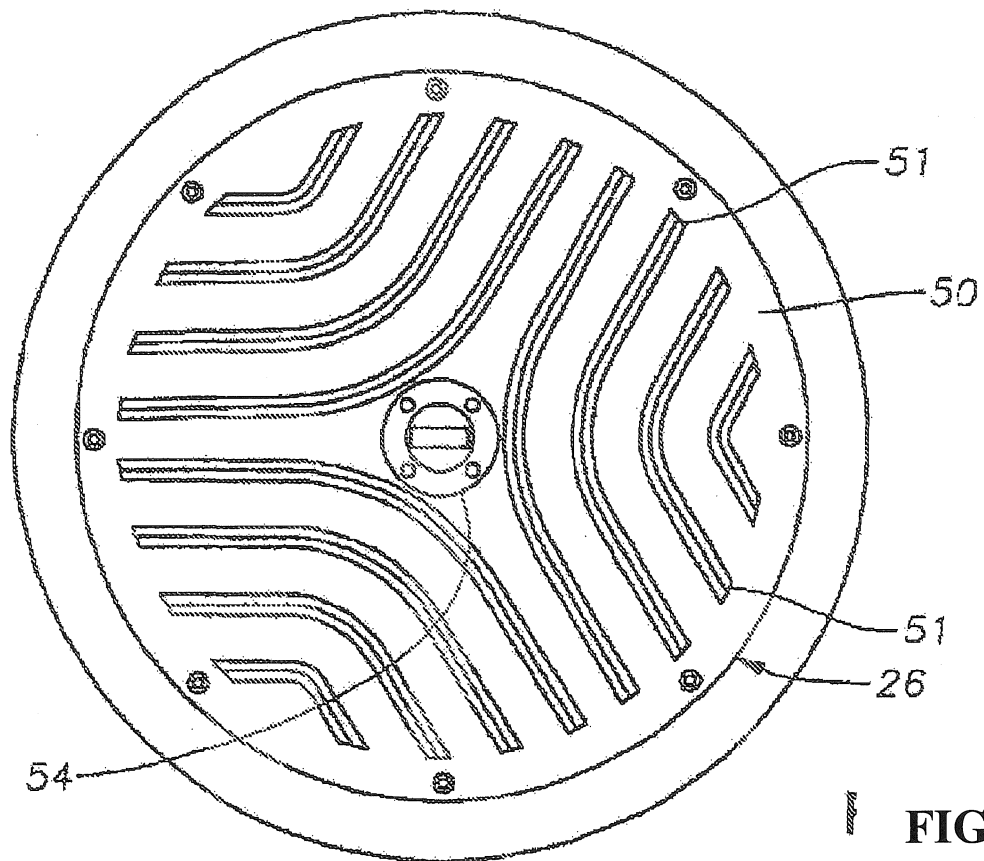


FIG. 4

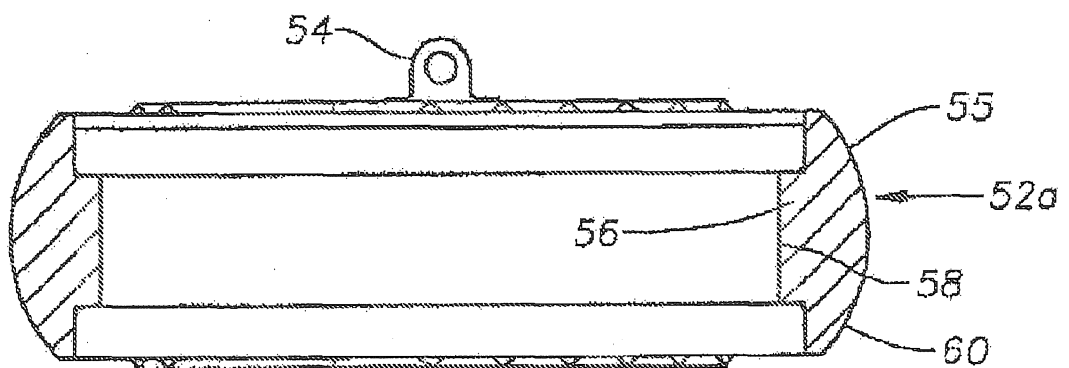


FIG. 5

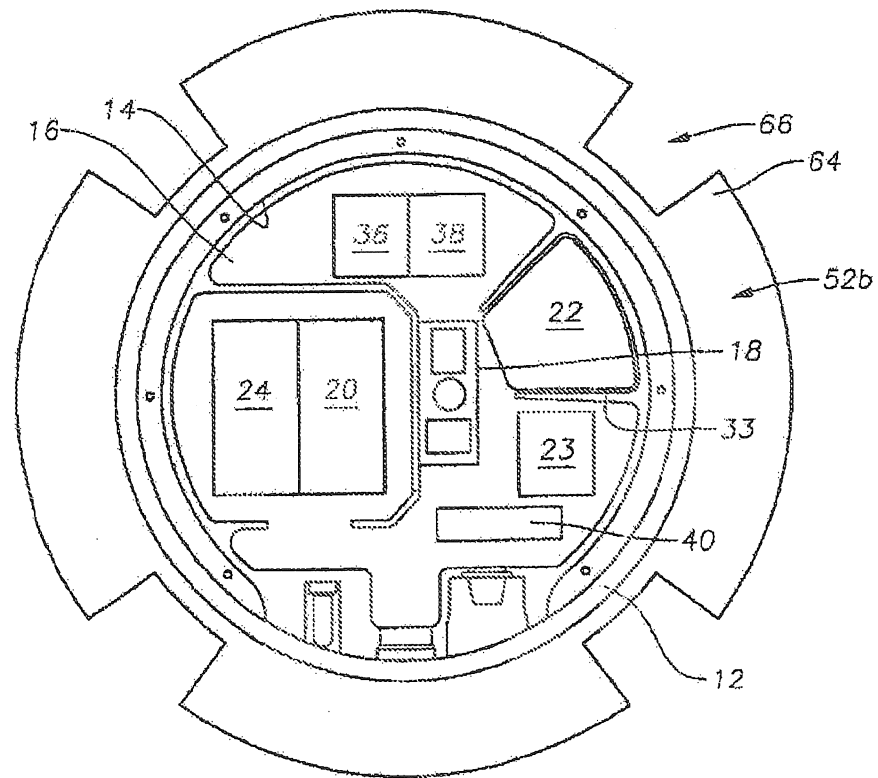
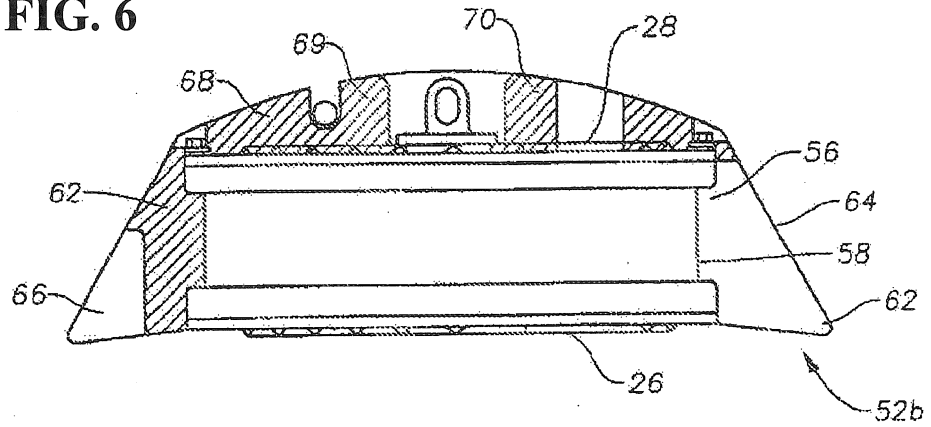
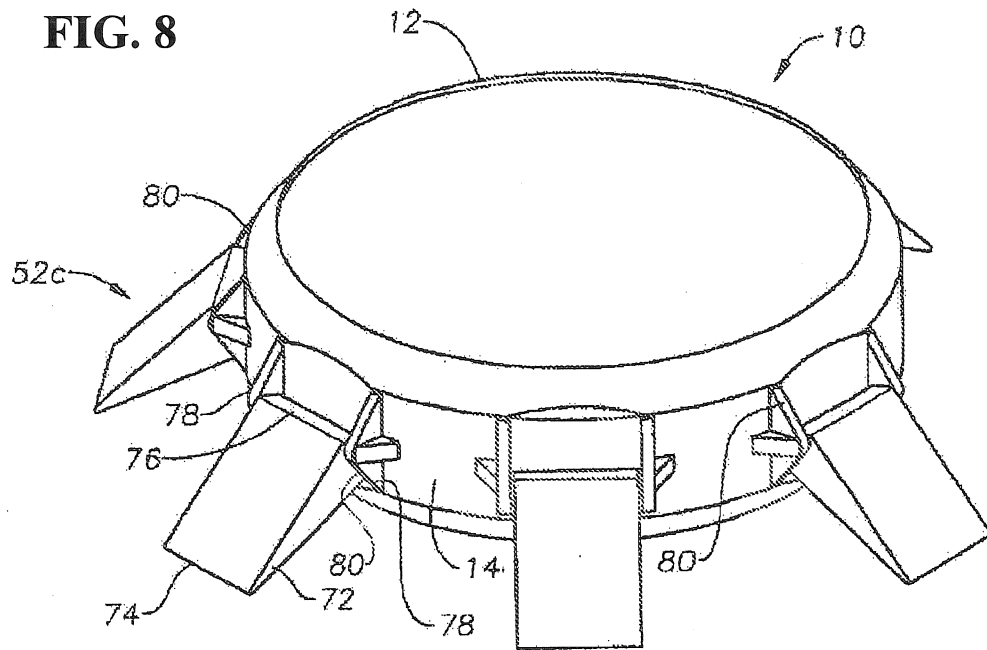
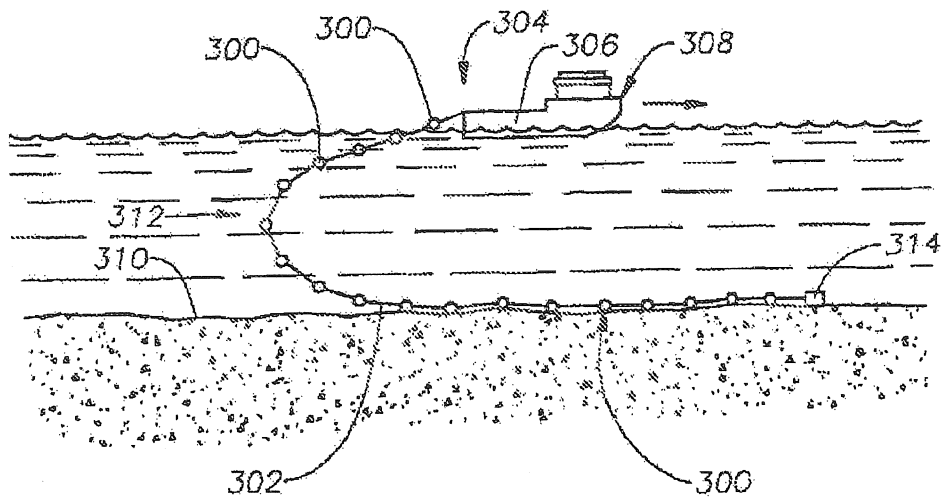
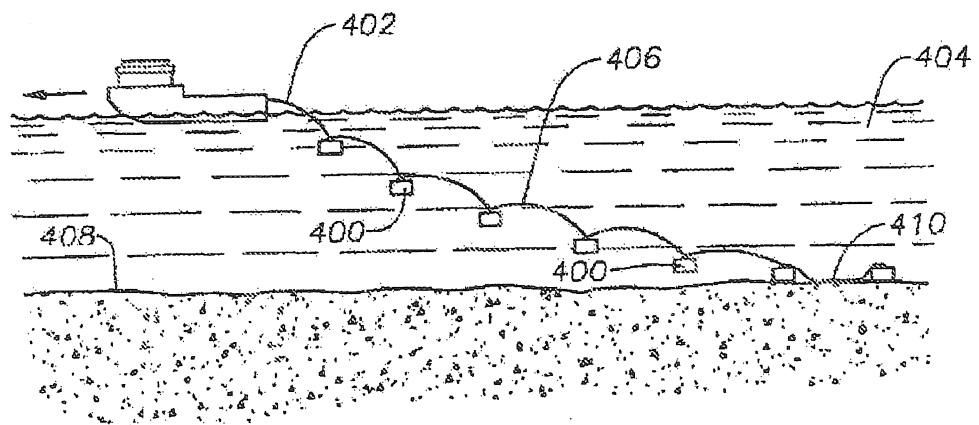
FIG. 6**FIG. 7**

FIG. 8

**FIG. 9****FIG. 10**

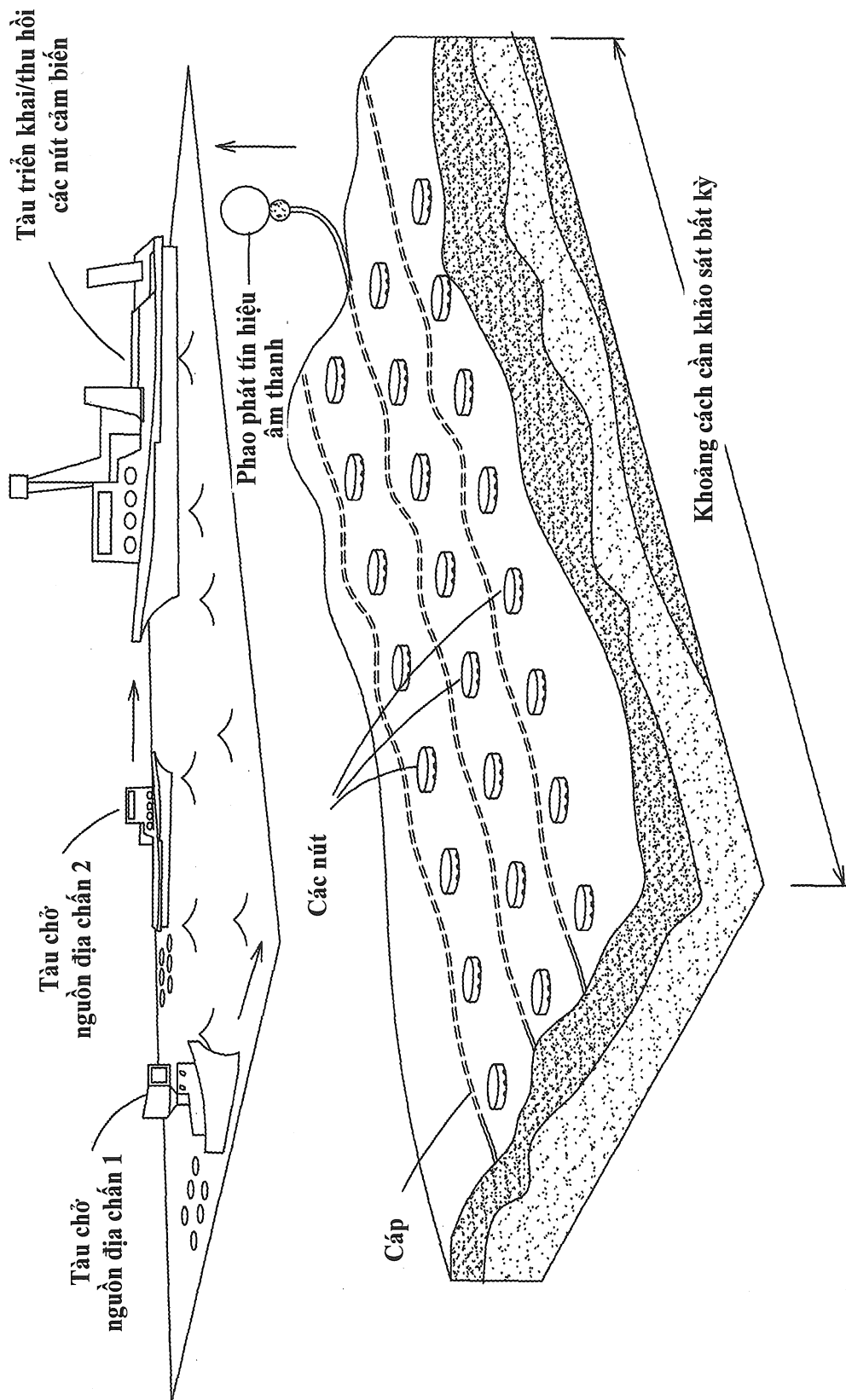


FIG. 11

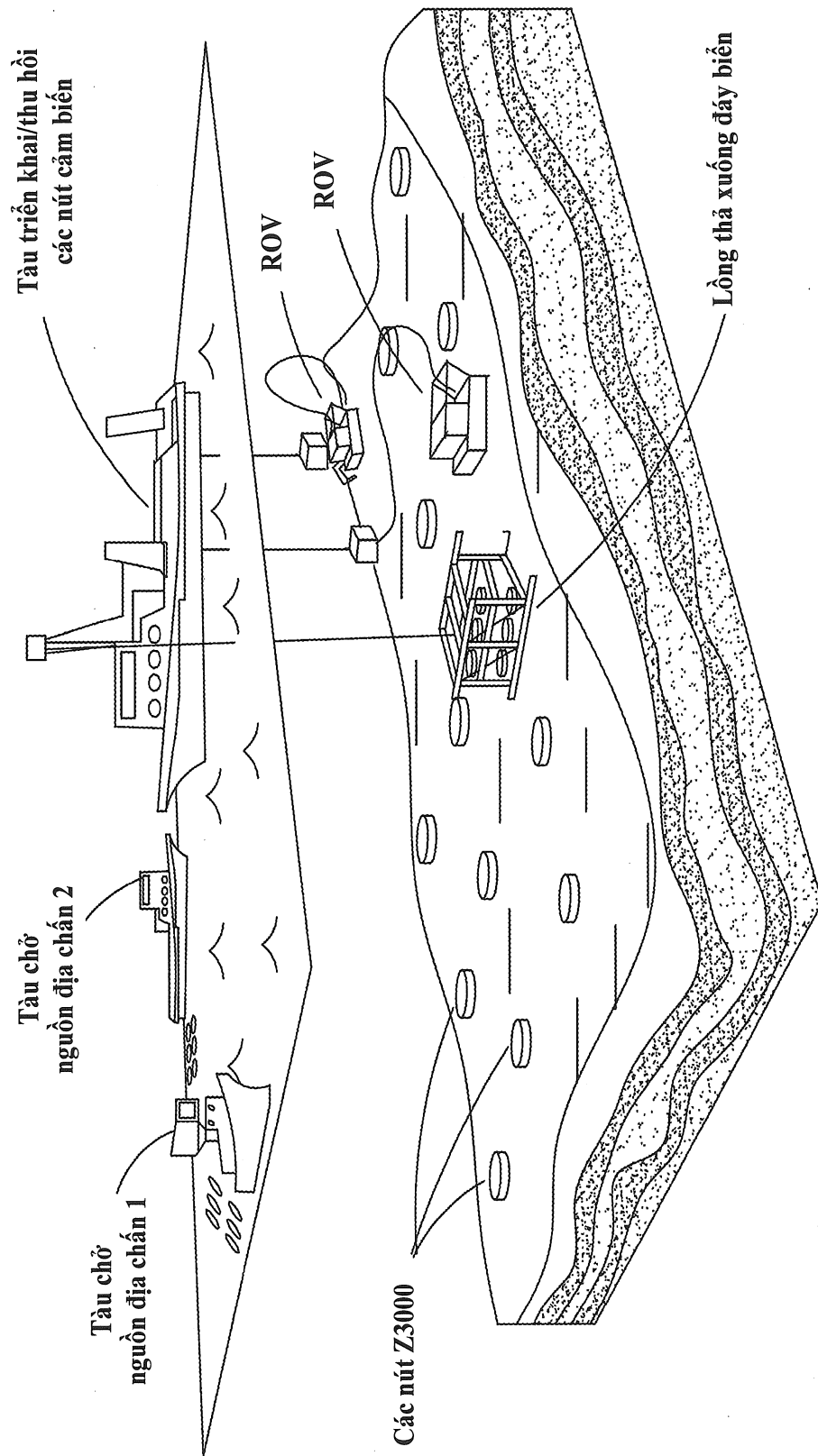


FIG. 12

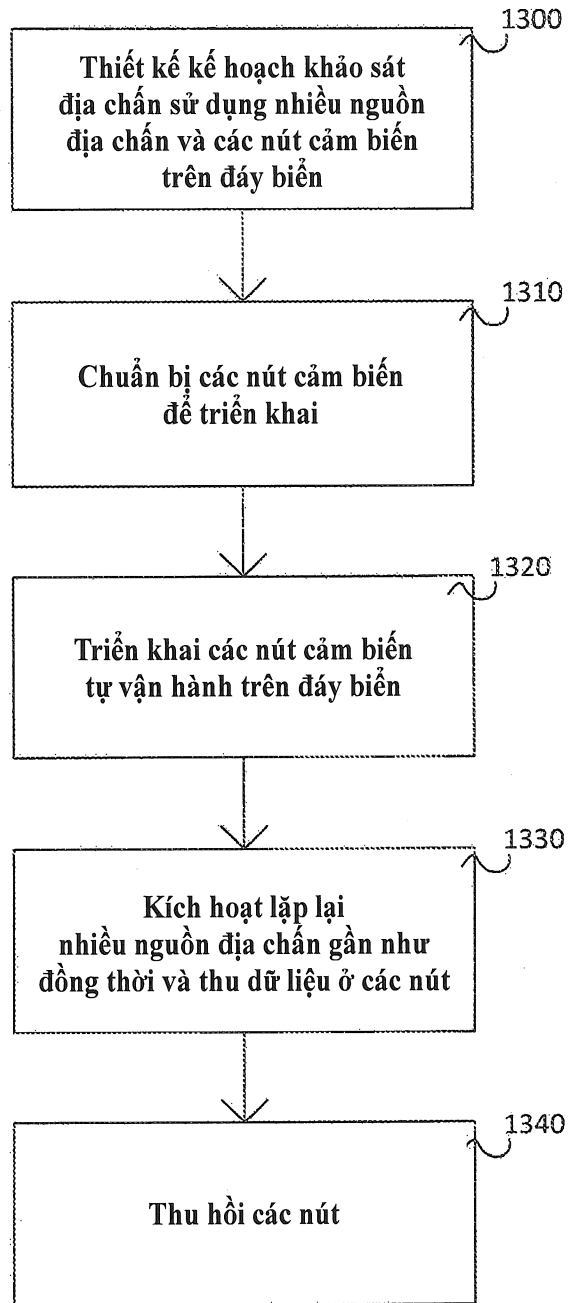
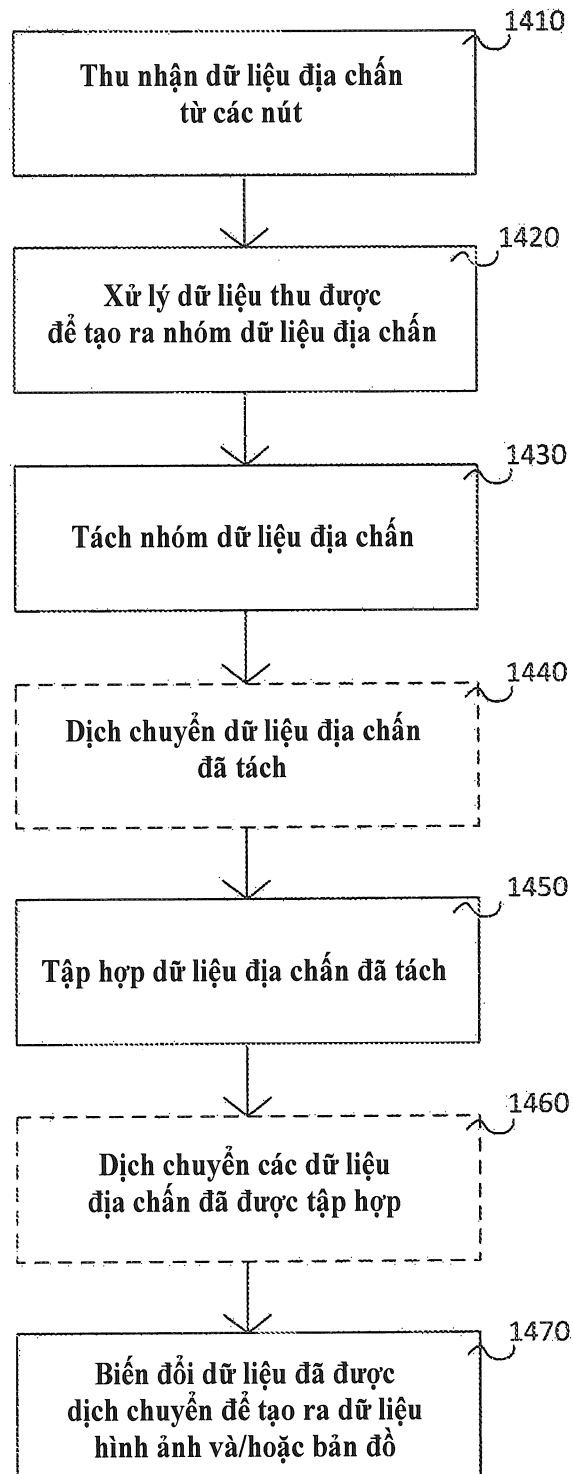


FIG. 13

**FIG. 14**

Hai tuyến nguồn địa chấn nằm gần nhau
được kích nổ đồng thời vào một nhóm thiết bị thu chung

Trước khi tách dữ liệu

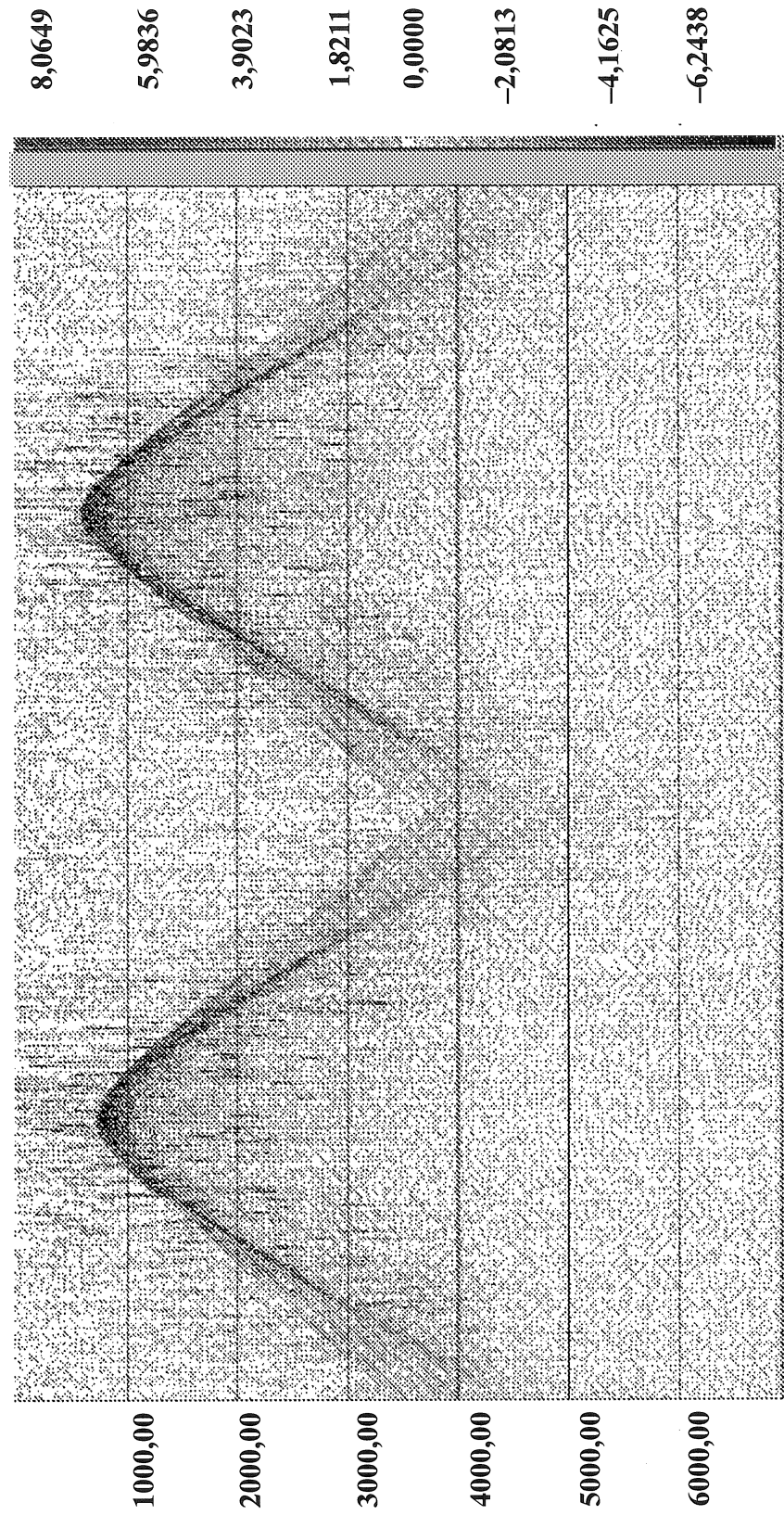


FIG. 15

Hai tuyến nguồn địa chấn nằm gần nhau
được kích nổ đồng thời vào một nhóm thiết bị thu chung

Sau khi tách dữ liệu

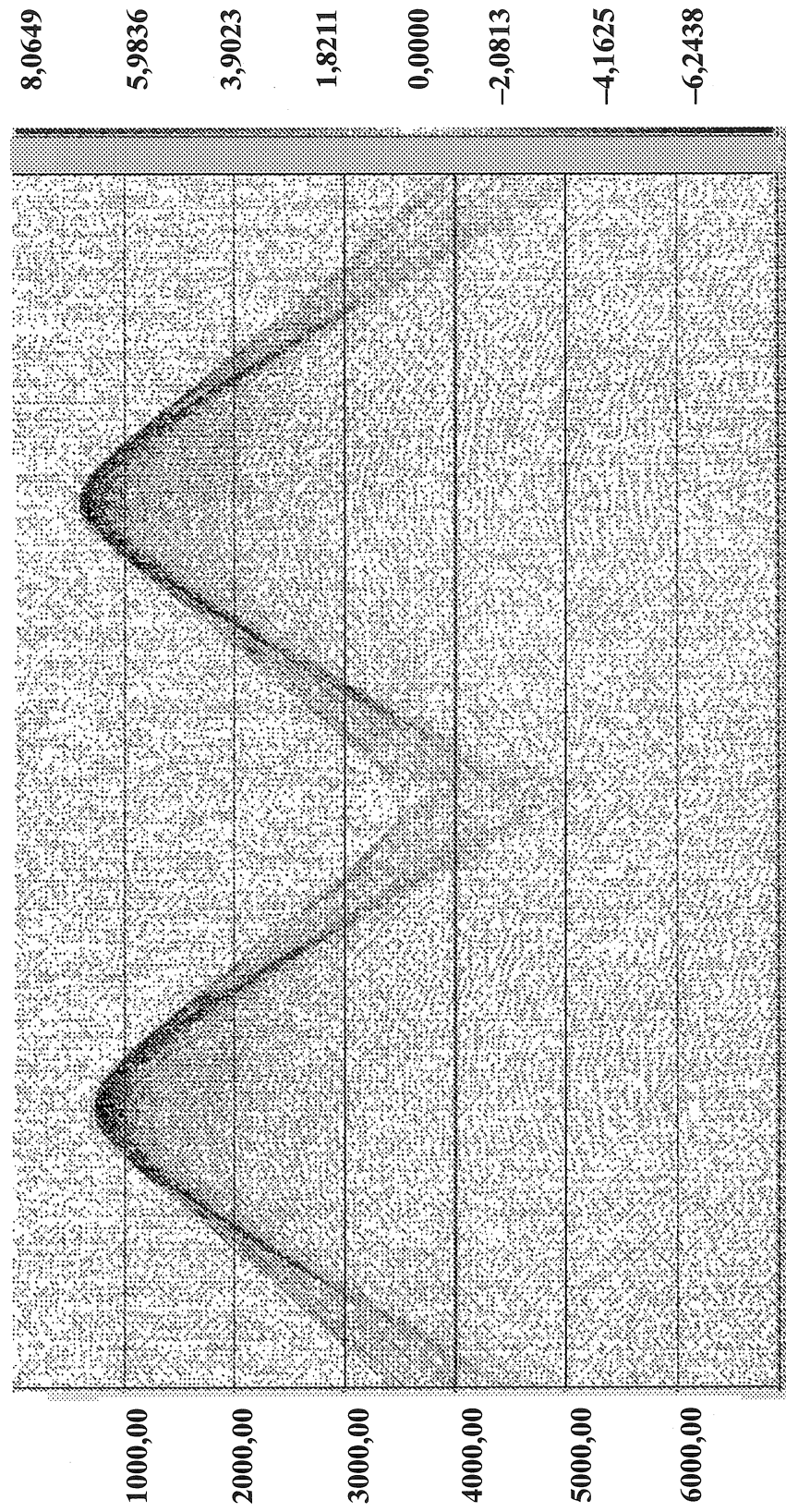


FIG. 16

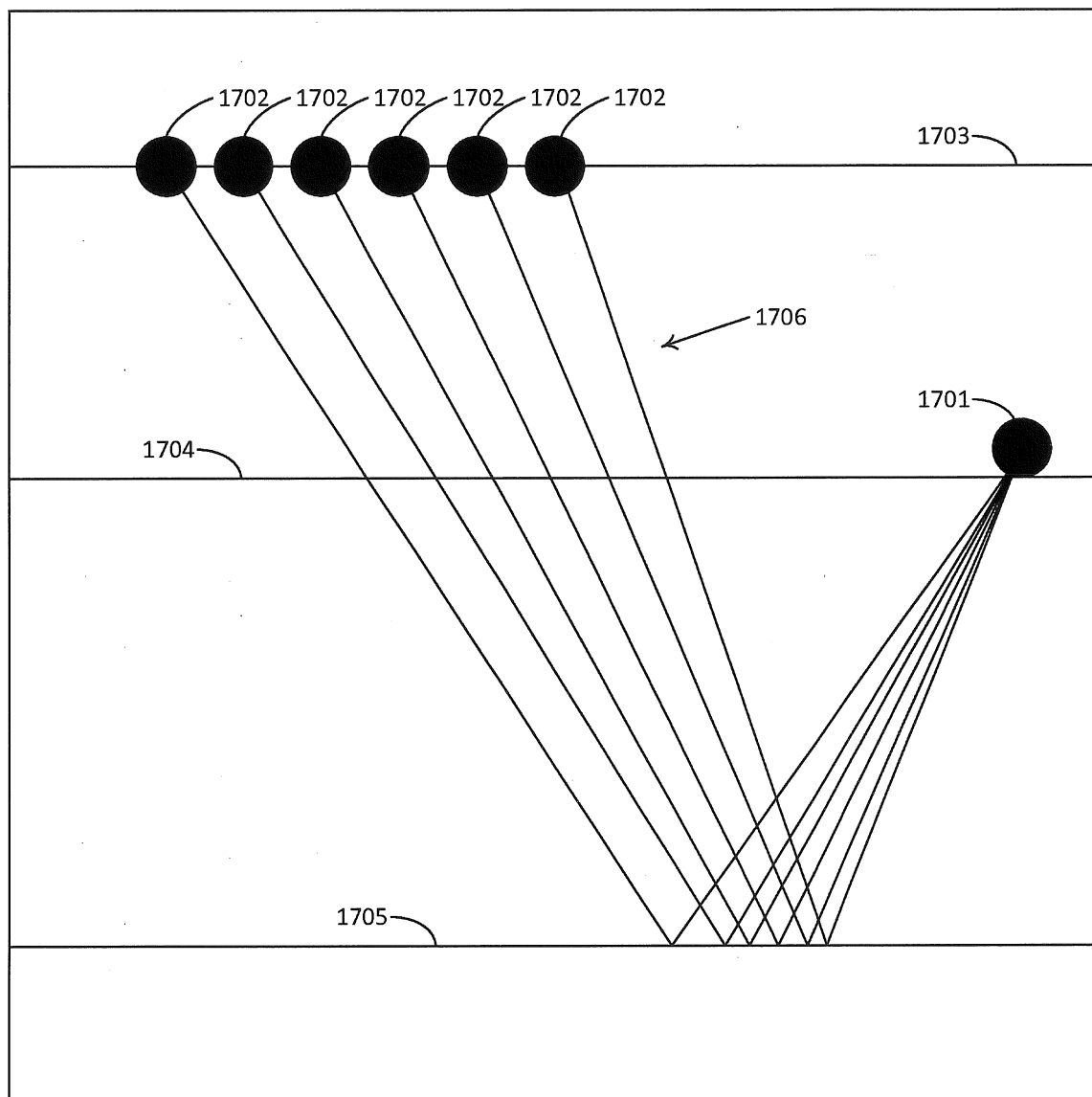


FIG. 17